



Ministerie van de
Vlaamse Gemeenschap
afdeling Natuur

MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP
DEPARTEMENT LEEFMILIEU EN INFRASTRUCTUUR
ADMINISTRATIE MILIEU-, NATUUR-, LAND EN WATERBEHEER
AFDELING NATUUR - CEL KUSTZONEBEHEER



Begeleiding :
Jean-Louis Herrier
Marc Leten
Hannah Van Nieuwenhuyse

FRAME-PROJECT

**Uitwerking van een Mathematisch model en natuurontwikkelingsplannen
voor de Hemmepolder te Nieuwpoort (Lombardsijde), met aandacht voor
zeewering en waterbeheer**



EINDRAPPORT

JULI 2005

I/RA/11256/04.053/EDE

VLIZ (vzw)

VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium

Documentcontroleblad

113611

Document Identificatie

| | |
|--------------------------|---|
| Titel: | Uitwerken van een mathematisch model en natuurontwikkelingsplannen voor de Hemmepolder te Nieuwpoort (Lombardsijde), met aandacht voor zeewering en waterbeheer |
| Project: | Bestek nr. AN/KZ 2003/04 |
| Opdrachtgever | FRAME-PROJECT Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Milieu-, Natuur-, Land en Waterbeheer Afdeling Natuur Leidend ambtenaar J-L. Herrier |
| Referentienummer: | I/RA/11256/04.053/EDE |

Revisies

| Versie | Datum | Auteur | Omschrijving |
|--------|------------|--------|---------------------------------|
| 9.0 | 24/10/2005 | EDE | Goedgekeurd Eindrapport |
| 7.0 | 31/03/2005 | EDE | Eindrapport |
| 6.0 | 18/02/2005 | EDE | Goedgekeurd Concept Eindrapport |
| 3.0 | 15/12/2004 | EDE | Goedgekeurd Voorontwerprapport |
| 1.0 | 28/09/2004 | EDE | Voorontwerp rapport |

Verdeellijst

| Naam | # ex. | Bedrijf/overheid | Functie m.b.t. het project |
|--------------------|-------|------------------------|----------------------------|
| Jean-Louis Herrier | 50 | Aminal afdeling Natuur | opdrachtgever |
| | 16 | Stuurgroep | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Goedkeuring

| Versie | Datum | Auteur | Projectleider | Diensthooft |
|--------|------------|--------|---------------|-------------|
| 9.0 | 24/10/2005 | EDE | MSA | MSA |

INHOUDSTAFEL

| | |
|---|----------|
| 1. INLEIDING..... | 1 |
| 1.1. DE OPDRACHT | 1 |
| 1.2. ACHTERGROND | 1 |
| 1.3. DOEL VAN DE STUDIE | 2 |
| 1.4. OVERZICHT VAN DE STUDIE..... | 2 |
| 1.5. OPBOUW VAN HET RAPPORT | 3 |
| 2. DEELOPDRACHT 1: INVENTARISATIE ACTUELE TOESTAND EN UITWERKING VAN DE NATUURONTWIKKELINGSPLANNEN..... | 4 |
| 2.1. INVENTARISATIE | 4 |
| 2.1.1. <i>Begrenzing en situering van het projectgebied</i> | 4 |
| 2.1.2. <i>Topografie</i> | 5 |
| 2.1.2.1. Topografische opmetingen | 5 |
| 2.1.2.2. Beschrijving | 6 |
| 2.1.3. <i>Geologie</i> | 8 |
| 2.1.3.1. De databank ondergrond Vlaanderen | 8 |
| 2.1.3.2. IWVA..... | 9 |
| 2.1.3.3. Interpretatie | 9 |
| 2.1.3.4. Boringen uitgevoerd in het kader van dit project..... | 11 |
| 2.1.4. <i>Hydrogeologie</i> | 12 |
| 2.1.5. <i>Ontwikkeling van de kustvlakte</i> | 17 |
| 2.1.6. <i>Hydrografie</i> | 25 |
| 2.1.7. <i>Hydrometrie</i> | 27 |
| 2.1.7.1. Debietmeting en waterstandmeting | 27 |
| 2.1.7.2. Piëzometers | 33 |
| 2.1.8. <i>Landgebruik – bodemtype</i> | 34 |
| 2.1.8.1. Landgebruik | 34 |
| 2.1.8.2. Bodemtype | 39 |
| 2.1.9. <i>Waterkwaliteit</i> | 44 |
| 2.1.9.1. Sedimentkarakteristieken | 44 |
| 2.2. ECOLOGISCHE INVENTARISATIE | 46 |
| 2.2.1. <i>Flora</i> | 46 |
| 2.2.2. <i>Natuurtypen, vegetatie</i> | 46 |
| 2.2.3. <i>Fauna</i> | 47 |
| 2.2.3.1. Avifauna..... | 47 |
| 2.2.3.2. Benthos en invertebraten | 47 |
| 2.3. INVENTARISATIE INFRASTRUCTUUR | 48 |
| 2.3.1. <i>Kostprijs voor de afbraak</i> | 49 |
| 2.4. UITWERKEN NATUURONTWIKKELINGSPLANNEN | 50 |
| 2.4.1. <i>Kwantificering van natuurtypen en ecologische randvoorwaarden voor de realisatie van welbepaalde natuurtypen.</i> | 50 |
| 2.4.2. <i>Bespreking van de potentiële natuurtypen vertrekkend van open, grasland gedomineerd landschap</i> | 55 |
| 2.4.2.1. Plantagini-Festucion..... | 55 |
| 2.4.2.2. Arrhenatherion | 55 |
| 2.4.2.3. Lolio-Cynosurion (Lolio-Cynosuretum en Lolio-Cynosuretum hordeetosum) | 56 |
| 2.4.2.4. Lolio-Potentillion | 57 |
| 2.4.2.5. Phragmition in omstandigheden met seizoenale grondwaterfluctuaties | 58 |
| 2.4.2.6. Lemnion (permanent zoet tot oligohalien water) en Zannichellion (permanent oligo- tot mesohalien water) | 60 |
| 2.4.2.7. Phragmition (brak-seizoenaal en zout-intertidaal)..... | 61 |
| 2.4.2.8. Salicornion | 61 |
| 2.4.2.9. Spartinion | 63 |
| 2.4.2.10. RG Zeebies..... | 63 |
| 2.4.2.11. Puccinellion maritimae..... | 64 |
| 2.4.2.12. Puccinellio-Spergularion | 65 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.4.2.13. | Armerion maritimae | 66 |
| 2.4.3. | <i>De Habitatrichtlijn in de Hemmepolder</i> | 69 |
| 2.4.3.1. | Hemmepolder – potenties voor het voorkomen van habitatrichtlijnsoorten, soorten van de vogelrichtlijn | 70 |
| 2.4.4. | <i>Scenario 1: “natte graslanden”, binnendijs herstel van geulen en poldergraslanden met algemene vernatting zonder bijkomende verzilting</i> | 71 |
| 2.4.4.1. | Avifaunistische overwegingen | 71 |
| 2.4.4.2. | Mogelijke inrichtingsmaatregelen ten behoeve van avifauna | 71 |
| 2.4.4.3. | Na te streven doelstellingen en natuurdoeltypes | 71 |
| 2.4.4.4. | Hydrologische voorwaarden en globale ingrepen | 72 |
| 2.4.4.5. | Vispassage | 72 |
| 2.4.4.6. | Ontsnippering | 72 |
| 2.4.4.7. | Maatregelen zeewering | 72 |
| 2.4.4.8. | Maatregelen | 73 |
| 2.4.4.9. | Natuurontwikkelingsdoelstellingsplan | 75 |
| 2.4.5. | <i>Scenario 2: “natte zilte graslanden””, ontwikkeling van poldergraslanden met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie/aanvoer van zout water uit de Kreek van Lombardsijde</i> | 76 |
| 2.4.5.1. | Avifaunistische overwegingen | 76 |
| 2.4.5.2. | Mogelijke inrichtingsmaatregelen ten behoeve van avifauna | 76 |
| 2.4.5.3. | Na te streven doelstellingen en natuurdoeltypes | 77 |
| 2.4.5.4. | Vispassage | 77 |
| 2.4.5.5. | Ontsnippering | 77 |
| 2.4.5.6. | Maatregelen zeewering | 78 |
| 2.4.5.7. | Hydrologische voorwaarden en globale ingrepen | 79 |
| 2.4.5.8. | Natuurontwikkelingsdoelstellingsplan | 79 |
| 2.4.6. | <i>Scenario 3: “slik en schor”, ontpoldering door introductie van getijwerking</i> | 80 |
| 2.4.6.1. | Avifaunistische overwegingen | 80 |
| 2.4.6.2. | Mogelijke inrichtingsmaatregelen ten behoeve van avifauna | 80 |
| 2.4.6.3. | Vispassage | 80 |
| 2.4.6.4. | Ontsnippering | 81 |
| 2.4.6.5. | Maatregelen zeewering | 81 |
| 2.4.6.6. | Na te streven doelstellingen en natuurdoeltypes | 82 |
| 2.4.6.7. | Hydrologische voorwaarden en globale ingrepen | 84 |
| 2.4.6.8. | Natuurontwikkelingsdoelstellingplan | 86 |
| 3. | DEELOPDRACHT 2: UITWERKEN VAN EEN MATHEMATISCH MODEL EN TOETSING VAN DE NATUURONTWIKKELINGSPLANNEN | 88 |
| 3.1. | MODELLEN BESTAANDE TOESTAND | 88 |
| 3.1.1. | <i>Digitaal terreinmodel en opbouw ondergrond</i> | 88 |
| 3.1.2. | <i>Hydrologisch model PDM (oppervlaktewater)</i> | 90 |
| 3.1.2.1. | Inventarisatie van de beschikbare meetreeksen | 90 |
| 3.1.2.2. | Algemene kenmerken | 90 |
| 3.1.2.3. | Beschrijving | 91 |
| 3.1.2.4. | Te kalibreren parameters | 94 |
| 3.1.2.5. | Methode van kalibratie | 94 |
| 3.1.2.6. | Opzetten en kalibreren van het hydrologisch model (PDM) | 96 |
| 3.1.2.7. | Hydrogramsequentie | 98 |
| 3.1.2.8. | Frequentieanalyse van hoogwaterafvoeren: piekdebieten | 98 |
| 3.1.2.9. | Opstellen van de hydrogramsequentie | 99 |
| 3.1.3. | <i>Hydrodynamisch model (oppervlaktewater)</i> | 102 |
| 3.1.3.1. | Algemeen | 102 |
| 3.1.3.2. | Uitgestrektheid van het model | 102 |
| 3.1.3.3. | Dwarssecties | 103 |
| 3.1.3.4. | Hydraulische structuren | 103 |
| 3.1.3.5. | Bijzondere hydraulische structuren | 105 |
| 3.1.3.6. | Overstromingsgebieden | 106 |
| 3.1.3.7. | Randvoorwaarden | 109 |
| 3.1.3.8. | Simulatie van de bestaande toestand met de hydrogramsequentie | 109 |
| 3.1.4. | <i>Grondwatermodel</i> | 112 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 3.1.4.1. | Opbouw van het grondwatermodel..... | 112 |
| 3.2. | VASTLEGGEN TOETSINGSKADER | 116 |
| 3.2.1. | Toetsingskarakteristieken | 116 |
| 3.2.2. | Referentiesituatie oppervlaktewater | 116 |
| 3.2.2.1. | Afwaartse en opwaartse randvoorwaarden | 116 |
| 3.2.2.2. | Resultaten | 117 |
| 3.2.3. | Referentiesituatie grondwater..... | 118 |
| 3.3. | TOETSING NATUURONTWIKKELINGSPLANNEN VIA MODELLEN ONTWERPEN TOESTAND..... | 120 |
| 3.3.1. | Scenario 1: "natte graslanden", binnendijks herstel van geulen en poldergraslanden met algemene vernatting zonder bijkomende verzilting | 121 |
| 3.3.1.1. | Variante 1a: opstuwing van het Geleed tot 3.70 mTAW | 121 |
| 3.3.1.2. | Variante 1b: oeverzone afgraven (50m in totaal) en geïsoleerde draszone in oosten creëren met behoud huidig peil Geleed..... | 124 |
| 3.3.1.3. | Variante 1c: oeverzone afgraven (50m in totaal) en geïsoleerde draszone in oosten creëren met opstuwing Geleed tot 3.70mTAW..... | 127 |
| 3.3.1.4. | Variante 1d: opstuwing van het grondwater door de plaatsing van een ondoorlaatbare wand van 10 meter | 129 |
| 3.3.1.5. | Variante 1e: opstuwing van het grondwater door de plaatsing van een diepe ondoorlaatbare wand over de hele diepte van het kwartaal (diepte 24 meter)..... | 131 |
| 3.3.1.6. | Variante 1f: de toplaag van het projectgebied afgraven over een diepte van 60 cm | 132 |
| 3.3.1.7. | Conclusie scenario 1..... | 134 |
| 3.3.1.8. | Zeewering..... | 135 |
| 3.3.1.9. | Landschap en cultuurhistorie..... | 135 |
| 3.3.1.10. | Interactie met overstort..... | 137 |
| 3.3.1.11. | Natuurdoeltypen | 138 |
| 3.3.1.12. | Kostprijs | 139 |
| 3.3.2. | Scenario 2: "natte zilte graslanden", ontwikkeling van poldergraslanden met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie/aanvoer van zout water uit de Kreek van Lombardsijde | 141 |
| 3.3.2.1. | Variante 2a: inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4.45mTAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 4.00 mTAW ligt onder water komt. | 141 |
| 3.3.2.2. | Variante 2b: inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4.45mTAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 3.50 mTAW ligt onder water is..... | 144 |
| 3.3.3. | Verzilting | 148 |
| 3.3.4. | Zeewering | 148 |
| 3.3.5. | Landschap en cultuurhistorie | 149 |
| 3.3.6. | Conclusie | 149 |
| 3.3.7. | Natuurdoeltypen | 151 |
| 3.3.8. | Kostprijs..... | 152 |
| 3.3.9. | Scenario 3: "slik en schor", ontpoldering door introductie van getijwerking. | 153 |
| 3.3.9.1. | Variante 3a: opening van de huidige Pieter Sas op 2.65 mTAW over de volledige hoogte van de dijk. De breedte van het Pieter Sas wordt behouden..... | 153 |
| 3.3.9.2. | Variante 3b: verwijderen van een deel van de dijk..... | 155 |
| 3.3.10. | Zeewering | 156 |
| 3.3.11. | Verzilting | 157 |
| 3.3.12. | Kreek van Lombardsijde..... | 158 |
| 3.3.12.1. | Conclusie..... | 163 |
| 3.3.13. | Waterbeheersing | 163 |
| 3.3.14. | Landschap en cultuurhistorie | 163 |
| 3.3.15. | Kostprijs..... | 165 |
| 3.3.16. | Natuurdoeltypen | 166 |
| 4. | DE MULTI-CRITERIA-ANALYSE..... | 168 |
| 4.1. | VOORWOORD | 168 |
| 4.2. | INLEIDING | 168 |
| 4.3. | CONCEPTFASE | 169 |
| 4.3.1. | Doelstelling van de natuurontwikkeling | 169 |
| 4.3.2. | Definitie van de alternatieven..... | 169 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.4. | ANALYSEFASE | 171 |
| 4.4.1. | <i>Hoofddoelstelling</i> | 171 |
| 4.4.2. | <i>Identificatie van de subdoelstellingen en criteria</i> | 172 |
| 4.4.2.1. | Criteria voor het bepalen van impact op natuurwaarden | 172 |
| 4.4.2.2. | Criteria ter bepaling van de impact op bodem en water..... | 174 |
| 4.4.2.3. | Criteria ter bepaling van de impact op landschap en landschapsbeleving | 176 |
| 4.4.2.4. | Kostprijs voor inrichting (en onderhoud) | 176 |
| 4.4.2.5. | Ongewenste impact op de (landbouw)economische situatie in het gebied | 176 |
| 4.4.3. | <i>Doelstellingen-criteriaboom</i> | 177 |
| 4.4.4. | <i>Invullen van de scoretabellen</i> | 179 |
| 4.5. | SYNTHESEFASE | 188 |
| 4.5.1. | <i>Standaardiseren van de scores</i> | 188 |
| 4.5.2. | <i>Toekennen van gewichten aan de criteria</i> | 189 |
| 4.5.2.1. | Criteria m.b.t. natuurwaarden van de inrichtingsscenario's..... | 189 |
| 4.5.2.2. | Criteria m.b.t. impact op milieu (bodem en water)..... | 190 |
| 4.5.2.3. | Criteria m.b.t. impact op landschap | 191 |
| 4.5.2.4. | Gewichten hoofdgroepen (integratie) | 191 |
| 4.5.3. | <i>Methode voor aggregatie</i> | 195 |
| 4.5.4. | <i>Aggregatie van scores: Vergelijking op niveau van de inrichtingsscenario's</i> | 196 |
| 4.5.4.1. | Evaluatie op basis van natuurwaarden..... | 196 |
| 4.5.4.2. | Evaluatie op basis van impact op bodem en grondwater | 197 |
| 4.5.4.3. | Evaluatie op basis van impact op landschap en landschapsbeleving | 199 |
| 4.5.4.4. | Geïntegreerde evaluatie | 201 |
| 4.5.5. | <i>Aggregatie van scores: vergelijking van inrichtingsvarianten voor scenario 1</i> | 206 |
| 4.5.5.1. | Evaluatie op basis van natuurwaarden..... | 206 |
| 4.5.5.2. | Evaluatie op basis van impact op bodem en water | 207 |
| 4.5.5.3. | Evaluatie op basis van impact op landschap en landschapsbeleving | 208 |
| 4.5.5.4. | Geïntegreerde evaluatie varianten scenario 1 | 209 |
| 4.5.5.5. | Kosten | 211 |
| 4.5.5.6. | Besluit voor scenario 1 | 211 |
| 4.5.6. | <i>Aggregatie van scores: vergelijking van de inrichtingsvarianten voor scenario 2</i> .. | 211 |
| 4.5.7. | <i>Aggregatie van scores: vergelijking van de inrichtingsvarianten voor scenario 3</i> .. | 212 |
| 4.5.8. | <i>Besluit</i> | 213 |
| 5. | ALGEMEEN BESLUIT | 215 |
| 6. | REFERENTIES | 220 |

BIJLAGEN

| | |
|------------|---|
| BIJLAGE 1 | BOORPROFIELEN ROND EN IN PROJECTGEBIED |
| BIJLAGE 2 | HISTORISCHE KAARTEN |
| BIJLAGE 3 | INVENTARISATIE FLORA EN FAUNA |
| BIJLAGE 4 | TOPOGRAFISCHE KAART MET DWARSDOORSNEDEN VAN DE BESTAANDE TOESTAND EN VAN SCENARIO 1 (VARIANTE 1B EN 1C) EN VARIANTE 2A |
| BIJLAGE 5 | OPMETING VAN HET GELEED |
| BIJLAGE 6 | GRONDPLAN EN LENGTEPROFIEL VAN HET HYDRODYNAMISCH MODEL |
| BIJLAGE 7 | STUDIERESULTATEN GRONDWATER REFERENTIESITUATIE |
| BIJLAGE 8 | STUDIERESULTATEN GRONDWATER SCENARIO'S |
| BIJLAGE 9 | OVERSTROMINGSKAARTEN OPPERVLAKTEWATER |
| BIJLAGE 10 | NATUURDOELTYPEKAARTEN |
| BIJLAGE 11 | METHODE EVAMIX: ACHTERGROND |

LIJST VAN FIGUREN

| | | |
|--------------|--|----|
| FIGUUR 2-1: | TOPONYMIE IN PROJECTGEBIED | 4 |
| FIGUUR 2-3: | BEGRENZING EN SITUERING VAN HET PROJECTGEBIED | 5 |
| FIGUUR 2-5: | TOPOGRAFIE VAN HET PROJECTGEBIED | 6 |
| FIGUUR 2-7: | OVERSTROOMBARE OPPERVLAKTE IN PROJECTGEBIED | 7 |
| FIGUUR 2-9: | BORINGEN ROND PROJECTGEBIED (BRON DATABANK ONDERGROND VLAANDEREN) | 8 |
| FIGUUR 2-11: | BASIS VAN HOLOCENE AFZETTINGEN (© C. BAETEMAN, 2004B). | 10 |
| FIGUUR 2-13: | LOCATIE PEILBUIZEN IN PROJECTGEBIED | 11 |
| FIGUUR 2-15: | VERGUNDE GRONDWATERWINNINGEN ROND PROJECTGEBIED | 12 |
| FIGUUR 2-17: | SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE LOKALE OPBOUW VAN DE GRONDLAGEN UITGAANDE VAN DE BORING UITGEVOERD IN 1993 OP HET MILITAIR TERREIN TE LOMBARDSIJDE | 14 |
| FIGUUR 2-19: | VARIATIE VAN DE GRONDWATERVOEDING OVER EEN STANDAARD JAAR IN FUNCTIE VAN DE BODEMSOORT. | 16 |
| FIGUUR 2-21: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (9400-9000 JAAR GELEDEN) | 19 |
| FIGUUR 2-23: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (9200-9000 JAAR GELEDEN) | 20 |
| FIGUUR 2-25: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (8700 JAAR GELEDEN) | 20 |
| FIGUUR 2-27: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (8400 JAAR GELEDEN) | 21 |
| FIGUUR 2-29: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (8300-8100 JAAR GELEDEN) | 21 |
| FIGUUR 2-31: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (8000 -7800 JAAR GELEDEN) | 22 |
| FIGUUR 2-33: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (7750 -7500 JAAR GELEDEN) | 22 |
| FIGUUR 2-35: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (7500 -7000 JAAR GELEDEN) | 23 |
| FIGUUR 2-37: | HET MONDINGSGEBIED VAN DE IJZERGEUL (6800 -6000 JAAR GELEDEN) | 23 |
| FIGUUR 2-39: | SCHEMATISCHE DWARSDOORSNEDEN 5500-CA 1000 JAAR GELEDEN (BAETEMAN, 2004) | 24 |
| FIGUUR 2-41: | SCHEMATISCHE PRESENTATIE VAN HET MECHANISME VAN EEN GETIJDENGEUL WAT RESULTEERT IN DE ONTWATERING VAN HET VEEN MET INKLINKING TOT GEVOLG. HWS (HOOGWATERSTAND BIJ SPRINGTIJ); LWS (LAAGWATERSTAND BIJ SPRINGTIJ) | 24 |
| FIGUUR 2-43: | WATERLOPEN IN PROJECTGEBIED | 26 |
| FIGUUR 2-45: | GEÏNSTALLEERDE MEETAPPARATUUR | 27 |
| FIGUUR 2-47: | MEETGEGEVENS AAN SCHOOLSTRAAT (112/02/2004-01/09/2004) | 29 |
| FIGUUR 2-49: | GEMIDDELDE TIJKROMMEN TE NIEUWPOORT | 30 |
| FIGUUR 2-51: | HYDROMETRIE IN HET GELEED AAN HET PIETE SAS | 31 |
| FIGUUR 2-53: | HYDROMETRIE IN HET GELEED AAN DE SCHOOLSTRAAT | 31 |
| FIGUUR 2-55: | GEDRAG VAN HET GELEED IN EEN NATTE PERIODE | 32 |
| FIGUUR 2-57: | EVOLUTIE GRONDWATERPEIL TUSSEN 7 EN 25 AUGUSTUS 2004. | 34 |
| FIGUUR 2-59: | OVERSTROOMD LANDSCHAP TIJDENS EERSTE WERELDOORLOG (BRON THYS, 1922) | 37 |
| FIGUUR 2-61: | INUNDATIE VAN DE HEMMEPOLDER IN HET ZWART, DE NATTE SLIKKE IN DE KREEK VAN LOMBARDSIJDE IS IN HET WIT OP DEZE REPRODUCTIE (BRON:THYS, 1922) | 37 |
| FIGUUR 2-63: | LANDGEBRUIK IN HEMMEPOLDER (MAART 2004) | 39 |
| FIGUUR 2-65: | NATUURLIJKE STREKEN EN LANDSCHAPPEN | 40 |

| | |
|--|-----|
| FIGUUR 2-67: UITTREKSEL UIT DE GEDIGITALISEERDE BODEMKAART VAN BELGIË..... | 42 |
| FIGUUR 2-69: KLEINSCHALIGE ZOUT-ZOETWATER CONTACTKAART(De Breuck et al. 1974); DE ISOHYPSEN DUIDEN DE DIEPTE AAN VAN HET SCHEIDINGSVLAK TUSSEN HET ZOETWATER EN HET ZOUTWATER | 43 |
| FIGUUR 2-71: BEDEKKING VAN KORTARIG EN LANGARIG ZEEKRAAL SAMEN IN FUNCTIE VAN DE HOOGTELIIGING OP DE OUDE SCHORRELICTEN EN HET NIEUWE INTERTIDALE GEBIED LANGS DE RECHTEROEVER VAN DE IJZER (INGEMETEN IN DE PERIODE 2001-2003)..... | 62 |
| FIGUUR 2-73: MAATREGELEN IN SCENARIO 1 EN SCENARIO 2. | 74 |
| FIGUUR 2-75: POTENTIËLE NATUURDOELTYPEN VOOR SCENARIO 1 EN SCENARIO 2 | 75 |
| FIGUUR 2-77: ZOUT WATER KAN VIA (AANGEPASTE) ONTWATERINGSBUIJS TOT DE HEMMEPOLDER WORDEN TOEGELATEN | 78 |
| FIGUUR 2-79: ZOUT WATER TOELATEN TOT HEMMEPOLDER VIA DE BOVENKANT VAN DE DIJK. | 78 |
| FIGUUR 2-81: TECHNISCHE PROFIELTEKENING VAN ZEEWERENDE DIJK..... | 82 |
| FIGUUR 2-83: TECHNISCHE TEKENING VAN NIEUWE UITWATERINGSCONSTRUCTIE..... | 82 |
| FIGUUR 2-85: VARIATIERANGE IN BODEMWATER Na-CONCENTRATIE IN FUNCTIE VAN HOOGTELIIGING OP VERSCHILLENDE SITES ROND MORECAMBE BAY, NW-ENGELAND (UIT ADAM, 1990)..... | 84 |
| FIGUUR 2-87: MAANDELIJKE SALINITEIT VAN TOPLAAG (0-5 CM) VOOR 12 INTERTIDALE STATIONS IN DE STROODORPEPOLDER (NEDERLAND) IN RELATIE TOT DE SALINITEIT VAN DE OOSTERSCHELDE BIJ HOOG TIJ GEMETEN IN YERSEKE (DIKKE LIJN) VAN JUNI 1965 TOT MEI 1969. HOOGTEWAARDE IN CM NAP (UIT DE LEEUW, 1992). | 85 |
| FIGUUR 2-89: POTENTIËLE NATUURTYPES VOOR SCENARIO 3 | 86 |
| FIGUUR 3-1: HOOGTELIJNEN IN PROJECTGEBIED (HOOGTEVERSCHIL 0.5 M)..... | 89 |
| FIGUUR 3-3: SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE WERKING VAN HET HYDROLOGISCHE MODEL PDM. | 91 |
| FIGUUR 3-5: SIMULATIERESULTATEN VOOR HET GELEED AAN DE SCHOOLSTRAAT IN LOMBARDSIJDE | 97 |
| FIGUUR 3-7: HEMMEPOLDER FREQUENTIEANALYSE VAN DEBIETEN GEGENEREERD MET 100JARIGE NEERSLAG IN UKKEL..... | 98 |
| FIGUUR 3-9: AANPASSING VAN DE TUSSENAFSTANDEN BIJ HET INVOEGEN VAN EEN BRUG OF 'STRUCTUUR ZONDER LENGTE' IN HET ALGEMEEN. | 104 |
| FIGUUR 3-11: OPPERVLAKTE - HOOGTE RELATIES VAN DE GEDEFINIEERDE RESERVOIRS IN HET MODEL VAN HET GELEED | 108 |
| FIGUUR 3-13: OVERSTROMINGSKANSSEN IN DE HEMMEPOLDER..... | 110 |
| FIGUUR 3-15: HORIZONTALE OPBOUW VAN HET GRONDWATERMODEL GECENTREERD ROND HET STUDIEGEBIED (GROENE CIRKEL) MET AANDUIDING VAN DE ACTIEVE CELLEN (WIT) EN INACTIEVE CELLEN (GROEN)..... | 114 |
| FIGUUR 3-17: WEST-OOST DOORSNEDEN VAN DE NUMERIEKE OPBOUW VAN HET GRONDWATERMODEL MET AANDUIDING VAN DE ACTIEVE CELLEN (WIT) EN INACTIEVE CELLEN (GROEN). | 114 |
| FIGUUR 3-19: GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE IN REFERENTIESITUATIE..... | 119 |
| FIGUUR 3-21: GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE BIJ VARIANTE 1A..... | 123 |
| FIGUUR 3-23: VERANDERING TOPOGRAFIE VARIANTE 1B | 124 |
| FIGUUR 3-25: (GROND)WATERAFHANKELIJKE VEGETATIE BIJ VARIANTE 1B | 126 |
| FIGUUR 3-27: GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE BIJ VARIANTE 1C..... | 128 |
| FIGUUR 3-29: VARIANTE 1D, ONDOORLAATBARE WAND T.H.V. HALVEMAANDIJK..... | 129 |
| FIGUUR 3-31: GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE IN VARIANTE 1D..... | 130 |
| FIGUUR 3-33: GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE BIJ VARIANTE 1D..... | 132 |
| FIGUUR 3-35: GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE BIJ VARIANTE 1F | 134 |
| FIGUUR 3-37: 3-D ZICHT VAN HEMMEPOLDER VAN REFERENTIESITUATIE | 135 |
| FIGUUR 3-39: 3-D ZICHT VAN HEMMEPOLDER BIJ UITGRAVEN VAN PLAS (VARIANTE 1B EN 1C)..... | 136 |
| FIGUUR 3-41: 3-D ZICHT VAN DE HEMMEPOLDER BIJ VARIANTE 1F. | 136 |
| FIGUUR 3-43: VERLOOP VAN WATERPEIL IN IJZER EN HEMMEPOLDER BIJ VARIANTE 2A..... | 142 |
| FIGUUR 3-45: (GROND)WATERAFHANKELIJKE VEGETATIE IN VARIANTE 2A | 144 |
| FIGUUR 3-47: VERLOOP VAN WATERPEIL IN IJZERMONDING EN HEMMEPOLDER (VARIANTE 2B) | 146 |
| FIGUUR 3-49: (GROND)WATERAFHANKELIJKE VEGETATIE IN VARIANTE 2B | 147 |
| FIGUUR 3-51: STIJGING VAN DE ZOUTCONCENTRATIE IN HET GRONDWATER IN SCENARIO 2..... | 148 |
| FIGUUR 3-53: 3-D ZICHT VAN HEMMEPOLDER BIJ VARIANTE 2B..... | 149 |
| FIGUUR 3-55: AANPASSING VAN HALVEMAANDIJK IN VARIANTE 3A | 153 |
| FIGUUR 3-57: PEILEN IN HEMMEPOLDER EN IJZERMONDING BIJ SCENARIO 3A. | 154 |
| FIGUUR 3-59: PROFIEL DIJK IN VARIANTE 3B | 155 |
| FIGUUR 3-61: VERLOOP WATERPEIL IN IJZERMONDING EN HEMMEPOLDER IN VARIANTE 3B | 156 |

| | |
|--|-----|
| FIGUUR 3-63: ZOUTINTRUSIE IN GRONDWATER BIJ SCENARIO 3 | 157 |
| FIGUUR 3-65: MORFOLOGIE VAN DE KREEK VAN LOMBARDSIJDE EN AANDUIDING VAN GEMODELLEERDE DWARSECTIES. | 158 |
| FIGUUR 3-67: DWARSPROFIEL IJZ06..... | 159 |
| FIGUUR 3-69: DWARSPROFIEL IJZ09..... | 159 |
| FIGUUR 3-71: VERGELIJKING VAN SNELHEDEN IN DWARSPROFIEL IJZ06 KREEK VAN LOMBARDSIJDE IN REFERENTIESITUATIE VARIANTE 3A EN VARIANTE 3B. | 160 |
| FIGUUR 3-73: VERGELIJKING VAN SNELHEDEN IN DWARSPROFIEL IJZ09 KREEK VAN LOMBARDSIJDE IN REFERENTIESITUATIE VARIANTE 3A EN VARIANTE 3B. | 162 |
| FIGUUR 3-75: 3-D ZICHT VAN HEMMEPOLDER BIJ VARIANTE 3A..... | 164 |
| FIGUUR 3-77 :3-D ZICHT VAN HEMMEPOLDER BIJ VARIANTE 3B..... | 164 |
| FIGUUR 3-79:: POTENTIËLE NATUURTYPES VOOR SCENARIO 3 | 166 |
| FIGUUR 4-1:VERSCHILLENDE STAPPEN IN HET PROCES VAN EEN MCA | 168 |
| FIGUUR 4-3: GRENS ZILT-ZOET WATER IN HEMMEPOLDER (BRON: AMINAL WATER) | 175 |
| FIGUUR 4-4: BESLISSINGSSHEMA VOOR KEUZE VAN DE MEEST GESCHIKTE METHODE VOOR DE MCA..... | 195 |
| FIGUUR 4-6: RANGSCHIKKING SCENARIO’S OP BASIS VAN NATUURWAARDEN | 197 |
| FIGUUR 4-8: RANGSCHIKKING VAN DE SCENARIO’S OP BASIS VAN DE IMPACT OP BODEM EN GRONDWATER | 198 |
| FIGUUR 4-10: RANGSCHIKKING VAN DE SCENARIO’S OP BASIS VAN IMPACT OP BODEM EN GRONDWATER (GEWICHT CRITERIUM “STIJGING VAN GRONDWATER” = 0,600) | 199 |
| FIGUUR 4-12: RANGSCHIKKING VAN DE SCENARIO’S OP BASIS VAN DE IMPACT OP LANDSCHAP EN LANDSCHAPSBELEVING..... | 200 |
| FIGUUR 4-14: GEVOELIGHEIDSANALYSE VOOR HET GEWICHT VAN HET CRITERIUM “IMPACT OP LANDSCHAPSVISUELE WAARDEN EN BELEVING” | 201 |
| FIGUUR 4-16: RANGSCHIKKING VAN DE SCENARIO’S (INTEGRALE AFWEGING) | 202 |
| FIGUUR 4-18: GEVOELIGHEIDSANALYSE VOOR HET GEWICHT VAN DE IMPACTGROEP NATUUR BIJ RANGSCHIKKING VAN DE SCENARIO’S (GEÏNTEGREERDE EVALUATIE) | 204 |
| FIGUUR 4-20: GEVOELIGHEIDSANALYSE VOOR HET GEWICHT VAN DE IMPACTGROEP BODEM EN GRONDWATER BIJ RANGSCHIKKING VAN DE SCENARIO’S (GEÏNTEGREERDE EVALUATIE) | 205 |
| FIGUUR 4-22: GEVOELIGHEIDSANALYSE VOOR HET GEWICHT VAN DE IMPACTGROEP LANDSCHAP EN LANDSCHAPSBELEVING BIJ RANGSCHIKKING VAN DE SCENARIO’S (GEÏNTEGREERDE EVALUATIE) | 205 |
| FIGUUR 4-24: RANGSCHIKKING VAN DE VARIANTEN VAN SCENARIO 1 OP BASIS VAN NATUURWAARDEN..... | 207 |
| FIGUUR 4-26: RANGSCHIKKING VAN DE VARIANTEN VAN SCENARIO 1 OP BASIS VAN IMPACT OP BODEM EN WATER | 207 |
| FIGUUR 4-28: RANGSCHIKKING VAN DE VARIANTEN VAN SCENARIO 1 OP BASIS VAN IMPACT OP LANDSCHAP EN LANDSCHAPSBELEVING..... | 208 |
| FIGUUR 4-30: GEVOELIGHEIDSANALYSE VOOR HET GEWICHT VAN HET CRITERIUM IMPACT OP LANDSCHAP EN LANDSCHAPSBELEVING OP DE VOLGORDE IN DE RANGSCHIKKING VAN DE INRICHTINGSVARIANTEN VOOR SCENARIO 1..... | 209 |
| FIGUUR 4-32: RANGSCHIKKING VAN DE VARIANTEN VAN SCENARIO 1 (GEÏNTEGREERDE EVALUATIE)..... | 210 |

LIJST VAN TABELLEN

| | |
|--|----|
| TABEL 2-1: OVERSTROOMBARE OPPERVAKTEN IN PROJECTGEBIED | 7 |
| TABEL 2-2: OVERZICHT VAN DE HYDROGEOLOGISCHE INDELING VAN DE GRONDLAGEN GEBRUIKT IN HET GRONDWATERMODE OPGESTELD OP BASIS VAN DE BORING IN HET MILITAIRE DOMEIN..... | 13 |
| TABEL 2-3: OVERZICHT VAN GEGEVENS VAN POMPROEVEN IN DE OMGEVING VAN HET STUDIEGEBIED OPGENOMEN IN DE VGM DATABANK VAN AMINAL, AFDELING WATER. | 15 |
| TABEL 2-4: OVERZICHT VAN GEGEVENS BETREFFENDE DE GRONDWATERVOEDING IN HET STUDIEGEBIED. | 16 |
| TABEL 2-5: EXTREME WAARDE IN IJZERMONDING [FREMOUT, 2002] | 29 |
| TABEL 2-6: GRONDWATERPEILEN IN HEMMEPOLDER | 33 |
| TABEL 2-7: CODERING VAN DE BODEMS VOLGENS DE BODEMKAART VAN BELGIË..... | 41 |
| TABEL 2-8: INVENTARISATIE INFRASTRUCTUUR IN HEMMEPOLDER | 48 |
| TABEL 2-9: KOSTPRIJS VOOR AFBRAAK VAN INFRASTRUCTUUR | 49 |
| TABEL 2-10: INSCHATTING VAN DE ECOLOGISCHE RANDVOORWAARDEN VOOR HET POTENTIEEL VOORKOMEN VAN DE NATUURTYPES DIE IN MINSTENS EEN VAN DE DRIE NATUURONTWIKKELINGSCENARIO’S VOORGESTELD WORDEN. NOMENCLATUUR VOLGT DE SYNTAXONOMISCHE VERBONDS- OF ASSOCIATIENAMEN..... | 52 |

| | |
|--|-----|
| TABEL 2-11: OMSCHRIJVING VAN NATUURTYPE IN HABITATRICHTLIJN | 69 |
| TABEL 3-1: PARAMETERS PDM MODEL | 94 |
| TABEL 3-2: TERUGKEERPERIODE VAN PIEKDEBIETEN IN HEMMEPOLDER | 99 |
| TABEL 3-3: STORMKARAKTERISTIEKEN VAN DE HYDROGRAMSEQUENTIE | 99 |
| TABEL 3-4: LIJST VAN ORIFICE-EENHEDEN IN HET HYDRODYNAMISCH MODEL | 105 |
| TABEL 3-5: LIJST VAN BEWEEGBARE SCHUIVEN EN STUWEN IN HET HYDRODYNAMISCH MODEL MET PARAMETERWAARDEN, VAN OPWAARTS NAAR AFWAARTS..... | 105 |
| TABEL 3-6: OVERZICHT VAN DE GEMODELLEERDE RESERVOIRS LANGS HET GELEED | 107 |
| TABEL 3-7: LIJST VAN INLOOPHYDROGRAMMEN VAN HET HYDRODYNAMISCH MODEL MET AANDUIDING VAN BELANGHEBBENDE KNOOPLABELS..... | 109 |
| TABEL 3-8: KARAKTERISTIEKEN VAN DE TIJGEGEVENS TIJDENS DE MEETCAMPAGNE | 109 |
| TABEL 3-9: RESULTATEN BIJ HYDRODYNAMISCHE SIMULATIE VAN DE HYDROGRAMSEQUENTIE | 111 |
| TABEL 3-10: GESELECTEERDE STORMEN VOOR DOORREKENEN VAN SCENARIO'S | 116 |
| TABEL 3-11: REFERENTIESITUATIE BIJ SIMULEREN VAN MAATGEVENDE HYDROGRAMMEN. | 117 |
| TABEL 3-12: REFERENTIESITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED | 118 |
| TABEL 3-13: SITUATIE BIJ VARIANTE 1A BIJ DE HYDRODYNAMISCHE SIMULATIE. | 121 |
| TABEL 3-14: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 1A..... | 122 |
| TABEL 3-15: RESULTATEN VAN DE HYDRODYNAMISCHE SIMULATIE BIJ VARIANTE 1B. | 125 |
| TABEL 3-16: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 1B | 125 |
| TABEL 3-17: RESULTATEN VAN DE HYDRODYNAMISCHE SIMULATIE BIJ VARIANTE 1C..... | 127 |
| TABEL 3-18: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 1C..... | 127 |
| TABEL 3-19: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 1D | 130 |
| TABEL 3-20: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 1E..... | 131 |
| TABEL 3-21: SITUATIE BIJ VARIANTE 1F BIJ DE HYDRODYNAMISCHE SIMULATIE. | 133 |
| TABEL 3-22: VERSPREIDING VAN DE NATUURDOELTYPES IN PROJECTGEBIED VOLGENS SCENARIO 1 | 138 |
| TABEL 3-23: KOSTPRIJS VAN VERSCHILLENDE VARIANTEN IN SCENARIO 1..... | 139 |
| TABEL 3-24: SITUATIE BIJ VARIANTE 2A BIJ DE HYDRODYNAMISCHE SIMULATIE..... | 141 |
| TABEL 3-25: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 2A | 142 |
| TABEL 3-26: SITUATIE BIJ VARIANTE 2B BIJ DE HYDRODYNAMISCHE SIMULATIE. | 145 |
| TABEL 3-27: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 2B..... | 146 |
| TABEL 3-28: NATUURDOELTYPE VOOR SCENARIO 2 | 151 |
| TABEL 3-29: KOSTPRIJS INRICHTING SCENARIO 2 | 152 |
| TABEL 3-30: SITUATIE IN VARIANT 3A BIJ HYDRAULISCHE SIMULATIE | 153 |
| TABEL 3-31: SITUATIE GRONDWATER IN PROJECTGEBIED – VARIANTE 3A | 154 |
| TABEL 3-32: RESULTATEN HYDRAULISCHE SIMULATIE VARIANTE 3B | 155 |
| TABEL 3-33: KOSTPRIJS VAN VERSCHILLENDE VARIANTEN IN SCENARIO 3 | 165 |
| TABEL 4-1: OVERZICHT VAN DE BESTUDEEDE SCENARIO'S EN INRICHTINGSVARIANTEN | 170 |
| TABEL 4-2: POTENTIËLE NATUURTYPES OPGELIJST IN HABITATRICHTLIJN | 173 |
| TABEL 4-3: TE VERWACHTEN SOORTEN IN HEMMEPOLDER OPGENOMEN BIJLAGE IV..... | 174 |
| TABEL 4-4: TE VERWACHTEN VOGELSOORTEN IN HEMMEPOLDER OPGELIJST IN BIJLAGE I VAN EU-VOLGELRICHTLIJN | 174 |
| TABEL 4-5: DOELSTELLINGEN-CRITERIABOOM VOOR HET EVALUEREN VAN DE SCENARIO'S EN VARIANTEN VOOR NATUURINRICHTING OP BASIS VAN NATUURWAARDEN | 177 |
| TABEL 4-6: DOELSTELLINGEN-CRITERIABOOM VOOR HET EVALUEREN VAN DE SCENARIO'S EN VARIANTEN VOOR NATUURINRICHTING OP BASIS VAN IMPACT OP BODEM EN GRONDWATER..... | 178 |
| TABEL 4-7: DOELSTELLINGEN-CRITERIABOOM VOOR HET EVALUEREN VAN DE SCENARIO'S EN VARIANTEN VOOR NATUURINRICHTING OP BASIS VAN IMPACT OP LANDSCHAP EN LANDSCHAPSBELEVING | 179 |
| TABEL 4-8: SCORES VOOR DE EVALUATIE VAN DE INRICHTINGSSCENARIO'S | 179 |
| TABEL 4-9: SCORES VOOR DE EVALUATIE VAN DE INRICHTINGSVARIANTEN VOOR SCENARIO 1..... | 181 |
| TABEL 4-10: SCORES VOOR DE EVALUATIE VAN DE INRICHTINGSVARIANTEN VOOR SCENARIO 2..... | 183 |
| TABEL 4-11: SCORES VOOR DE EVALUATIE VAN DE INRICHTINGSVARIANTEN VOOR SCENARIO 3..... | 184 |
| TABEL 4-12: KOSTPRIJS INRICHTINGSVARIANTEN..... | 188 |
| TABEL 4-13: RESULTERENDE GEWICHTENSET VOOR DE MCA-ANALYSE | 190 |
| TABEL 4-14: GEWICHTENSET VOOR DE IMPACT OP GRONDWATER..... | 191 |
| TABEL 4-15: GEWICHTENSET VOOR DE IMPACT OP LANDSCHAP | 191 |
| TABEL 4-16: TOTALE GEÏNTEGREERDE GEWICHTENSET MCA-ANALYSE) HEMMEPOLDER..... | 193 |

1. INLEIDING

1.1. De opdracht

Op 29 januari 2004 werd door de Afdeling Natuur van AMINAL aan IMDC NV, in samenwerking met Prof Dr. F. De Smet van de Vrije universiteit Brussel en Prof. Dr. M. Hoffmann van de Universiteit Gent de opdracht verleend voor het uitvoeren van de studie "Uitwerken van een mathematisch model en natuurontwikkelingsplannen voor de Hemmepolder te Nieuwpoort (Lombardsijde), met aandacht voor zeewering en waterbeheer". De studie werd uitgevoerd in het kader van het INTERREG IIIB – Project 'FRame', conform het bestek AN/KZ.2003/04.

1.2. Achtergrond

In 1996 werd door de Afdeling Natuur van AMINAL een onderzoeksopdracht toegewezen aan de vakgroep Morfologie, Systematiek en Ecologie van de Universiteit Gent om het ecologisch streefbeeld en Natuurherstelplan voor het integraal kustreservaat 'De IJzermonding' te Nieuwpoort-Lombardsijde uit te werken. Het ecologisch-biologisch luik van de opdracht, met name de historische en biologische situatie van het studiegebied, het opstellen van een geglobaliseerde vegetatiekaart, het formuleren van de ecologische streefbeelden van natuurherstelmaatregelen werd ingevuld door het Laboratorium Plantkunde. De fysische omschrijving van het studiegebied en de civieltechnische uitwerking van op het ecologisch streefbeeld gebaseerde natuurherstelmaatregelen werden uitgewerkt door IMDC. In onderstaande paragraaf worden de prioriteiten voor de realisatie van het integraal kustreservaat geciteerd voor wat betreft het gebied Hemmepolder.

"De gedeeltelijke vernatting van het kleiige gedeelte van de Hemmepolder kan volledig los van de rest bekeken worden. Bij de fasering moet in principe enkel rekening worden gehouden met de natuur- en de maatschappelijke aspecten voor de ontwikkeling van het gebied. Civieltechnisch zijn er hier geen problemen. Prioritair wordt de creatie van een hoogwatervluchtplaats gesteld, wat bereikt wordt door vergraving van het terrein.

Het verdient sterke aanbeveling hiervoor een hydrologisch onderzoek uit te voeren ten einde de diepte van de afgraving te bepalen. Indien geopteerd wordt voor verzilting, is de vergraving van het terrein met een verbinding van de lagere zones met 't Geleed door middel van grachten de aangewezen oplossing. Op deze grachten worden stuwen voorzien, zodat de in- en uitstroming kan gecontroleerd worden. Ook het sluisstelsel in de Halvemaansdijk vergt aanpassingen. In deze context dient het voorgestelde hydrologische onderzoek tevens gericht te zijn op de mogelijkheid van verzilting."

In 1998 is de oude marinebasis overgedragen van het Ministerie van Landsverdediging aan het Vlaams Gewest. Op 3 maart 1999 is het ruim 100 hectare grote gebied tussen de jachthaven "Novus Portus" en de Noordzee bij ministerieel besluit aangewezen als Vlaams natuurreservaat met als naam "De IJzermonding". Vanaf 1998 werden door IMDC i.s.m. TECHNUM N.V. de plannen uitgewerkt voor het slopen van de gebouwen en de afbraak van de voormalige marine infrastructuur. De werken aan de IJzermonding zijn midden september 1999 gestart.

In een eerste fase (de 'droge fase' of afbraak van gebouwen en wegen van de voormalige marinebasis; 13/09/1999 – 28/01/2000) werden 50.000m³ aan gebouwen, 14.000m² aan betonwegen en 3600m ondergrondse pijpleidingen verwijderd. De slopingswerken werden voorafgegaan door de verwijdering van giftige en gevaarlijke stoffen in en om de gebouwen.

De tweede fase van het natuurherstel (de 'natte fase' of verwijdering van haveninfrastructuur van de voormalige militaire haven; 18/09/2000 – 18/03/2001) in het Vlaams natuurreservaat bestond erin acht aanlegsteigers, 1,3 km (20.200m²) kademuuren langsheen de oost- en zuidrand van het

voormalige tijdok, een scheepshelling voor schepen tot 500 ton en 4500 m² wegeninfrastructuur te verwijderen en 178.000 m³ grond af te graven in de omgeving van de voormalige scheepshelling; 143.000m³ van dit materiaal werd hergebruikt voor duinaanleg ten noorden van het voormalige tijdok, de rest werd afgevoerd.

De derde en vierde fase (14/01/2002 – 02/03/2004) bestond erin een totaal van ca. 333.000 m³ (fase 3: ca. 250.000m³, fase 4: ca. 83.000m³) opgespoten materiaal af te graven in het zuidoosten van het gebied. Het in dit opgespoten terrein aanwezige duinzand (ca. 58.000m³) werd hergebruikt voor de zeewerende zanddijk aan de ooststrand van het gebied, de rest werd afgevoerd.

Door de ontmanteling van dokken en kaaïen is de oppervlakte van bij hoogtij door zout water overstroombare slikken en schorren vergroot met ongeveer 16 hectare.

In het voorjaar van 2003 is IMDC in opdracht van de Afdeling Kust van AWZ gestart met het opmaken van een integraal ontwerp voor het strand tussen de havengeul en de oostelijke grens van het natuurreservaat. (IMDC, 2004).

In onderhavige opdracht zullen IMDC NV i.s.m. UGent en VUB in deze studie Natuurontwikkelingsplannen opstellen en toetsen via mathematische modellering. Het resultaat moet een aaneensluitend natuurreservaat zijn, bestaande uit: strand, duin, intertidaal mondingsgebied met slikken en schorren en met alle mogelijke overgangen tussen deze landschapselementen.

1.3. Doel van de studie

Met het oog op de eventuele uitbreiding van het Vlaams natuurreservaat "De IJzermonding, te Nieuwpoort (Lombardsijde) wil de Afdeling Natuur verscheidene mogelijke streefbeelden voor natuurontwikkeling in de Hemmepolder laten uitwerken tot concrete natuurontwikkelingsplannen. Deze moeten door simulaties met een in het kader van de onderhavige opdracht uit te werken mathematisch model van het projectgebied getoetst worden naar hun technische haalbaarheid, zowel naar zeewering en waterbeheer(-sing) als naar realisatie van de natuurontwikkelingsdoelstellingen. De op te stellen natuurontwikkelingsplannen dienen geëvalueerd te worden aan de hand van een multicriteria analyse.

Minstens de drie volgende basisstreefbeelden worden onderzocht:

- Binnendijkse natuurontwikkeling "zoet": herstel van kreken en ontwikkeling van microreliëfrijke poldergraslanden met plaatselijke vernatting en zonder bijkomende verzilting
- Binnendijkse natuurontwikkeling "brak": herstel van kreken en ontwikkeling van microreliëfrijke poldergraslanden met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie van zout water uit de IJzermondingsgeul
- Buitendijkse natuurontwikkeling "zout": ontpoldering door onderwerping van de Hemmepolder aan de getijwerking.

Deze basisstreefbeelden zullen verder in de studie op een andere wijze worden gedefinieerd. (zie §2.4).

1.4. Overzicht van de studie

De studie bevat meerdere deelopdrachten:

- Deelopdracht 1- Inventarisatie actuele toestand en uitwerking van de natuurontwikkelingsplannen;
- Deelopdracht 2 – Uitwerken van een mathematisch model en toetsing van de natuurontwikkelingsplannen. Dit onderdeel wordt opgesplitst in 3 deelopdrachten:

- Deelopdracht 2.1: opmaken mathematische modellen bestaande toestand
- Deelopdracht 2.2: uitwerken toetsingskader
- Deelopdracht 2.3: toetsen van de natuurontwikkelingsplannen met de mathematische modellen
- Deelopdracht 3: Multicriteria analyse

De rapportering met betrekking tot deze studie verloopt als volgt:

1. een voorontwerp van rapport dat de resultaten bevat van de inventarisatie en de meetcampagne(s), de drie streefbeelden voor natuurontwikkeling en de eruit afgeleide natuurontwikkelingsplannen. Daarnaast worden ook de beschrijvingen geleverd van de opgebouwde mathematische modellen (onderliggend fysisch stelsel), oplossingsstechniek, ijkingsgegevens, wijze van afijking en bekomen ijkresultaten, inclusief de inherente modelonzekerheid).
2. een ontwerp van (eind)rapport: dit rapport benut de aanpassing van het voorontwerp van rapport, aangevuld met de beschrijving van het toetsingskader, de resultaten van de berekeningen (simulaties) met de modellen voor de verschillende natuurontwikkelingsplannen en de aanpassingen aan de ontwerpplannen (bijsturen van de voorziene maatregelenpakketten) en tenslotte de resultaten van de multicriteria analyse, leidend tot een voorstel van voorkeur voor een van de onderzochte natuurontwikkelingsplannen.
3. een eindrapport¹ : dit rapport is een aangepaste versie van het ontwerp van eindrapport, aangepast op basis van de bespreking met de opdrachtgever en de adviesgroep en waarbij rekening wordt gehouden met de gebundelde schriftelijke opmerkingen van de volledig adviesgroep.
4. een Nederlandstalige en Engelstalige samenvatting: hiertoe wordt een samenvattende tekst voorzien van circa 10 bladzijden (A4), aangevuld met een selectie van figuren en foto's die mits lay-out door een extern aangestelde kunnen verwerkt worden tot een brochure. Met betrekking tot de samenvatting wordt er van uitgegaan dat elke publicatie door de opdrachtgever of het studieteam met betrekking tot de studie zal worden voorgelegd aan het studieteam respectievelijk de opdrachtgever, zodat afspraken kunnen gemaakt worden m.b.t. auteurschap en co-auteurs.

1.5. Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt het geheel van deelopdracht 1 beschreven en met name de inventarisatie van de actuele toestand en de uitvoering van de natuurontwikkelingsplannen. In hoofdstuk 3 wordt deelopdracht 2, opmaken van mathematische modellen bestaande toestand beschreven aangevuld met de beschrijving van de referentiesituatie en de verschillende mogelijke varianten van de 3 scenario's. Voor scenario 1 zijn 6 varianten uitgewerkt, voor scenario 2 worden twee varianten besproken en scenario 3 bestaat eveneens uit twee varianten. Tenslotte wordt in hoofdstuk 4 de methodologie van de Multi-Criteria Analyse gerapporteerd (§4.3). In §4.4 wordt de analyse besproken en vanaf §4.5 wordt het resultaat van de MCA voorgesteld.

¹ onderhavig rapport

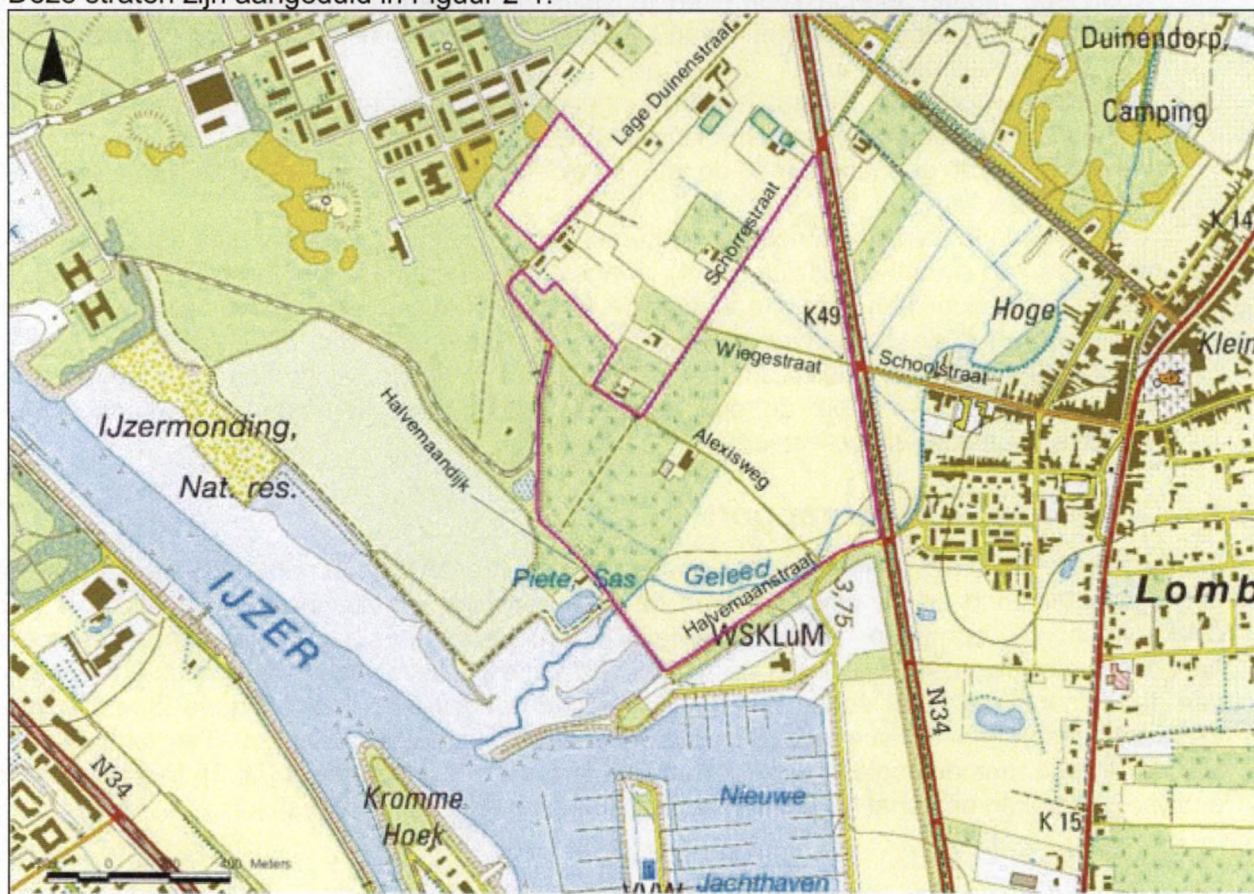
2. DEELOPDRACHT 1: INVENTARISATIE ACTUELE TOESTAND EN UITWERKING VAN DE NATUURONTWIKKELINGSPLANNEN

2.1. Inventarisatie

Tijdens deze inventarisatie werden de nodige gegevens verzameld die noodzakelijk zijn voor een goed inzicht in de volledige problematiek, zowel met betrekking tot het watersysteem als met het oog op de natuurontwikkelingsplannen:

2.1.1. Begrenzing en situering van het projectgebied

Het projectgebied ligt op het grondgebied van Nieuwpoort aan de grens met Lombardsijde (deelgemeente van Middelkerke). Het is 27.8 ha groot en wordt begrensd aan de zuidwestelijke zijde door een beschermingsdijk die in de verlenging ligt van de Halve Maanstraat; de Halvemaandijk. Aan de zuidzijde vormt het Geleed de limiet. Het projectgebied reikt aan de oostkant tot de Kustweg – N34. De noordwestelijke kant van het projectgebied wordt gevormd door de Schorrestraat en de Alexisweg. Langs de Lage duinenstraat ligt een perceel van 2 hectare en een weide van 1.5 hectare die eveneens deel uit maken van het projectgebied. Deze straten zijn aangeduid in Figuur 2-1.



Figuur 2-1: Toponymie in projectgebied

Het projectgebied ontwatert via Het Geleed, de afwatering wordt geregeld door middel van een verticale klep, het "Piete Sas". Figuur 2-3 illustreert de ligging en situering van het projectgebied.



Figuur 2-3: Begrenzing en situering van het projectgebied.

2.1.2. Topografie

2.1.2.1. Topografische opmetingen

Er zijn topografische opmetingen uitgevoerd van de volledige waterloop het Geleed, vanaf de uitwateringsconstructie, tot 100m opwaarts de gewestweg N34, t.h.v. De Schoolstraat in Lombardsijde. Verder is de hoogteligging van de wegenis en van de huidige hoogteligging van de Hemmepolder bepaald. Tenslotte zijn de bestaande waterbouwkundige constructies opgemeten (uitwateringssluis, onderdoorgang onder N34).

De topografische opmetingen zijn uitgevoerd conform het bestek voor de opmeting van de waterlopen van de Afdeling Water. In Bijlage 5 is het resultaat van deze opmeting terug te vinden.

Aanvullend is de bathymetrie van de Kreek van Lombardsijde opgemeten met behulp van een echosounder (dieptemeting) en een automatisch plaatsbepalingssysteem, beide zijn via datalogging aan mekaar gekoppeld. Deze gegevens werden gebruikt om het digitaal terrein model ter hoogte van de Kreek van Lombardsijde te verfijnen. We verwijzen de lezer naar Figuur 2-5: Topografie van het projectgebied.

Deze opmetingen, samen met de topografische opmetingen laten toe een volledig beeld te vormen van de huidige uitwatering en de mogelijkheden vast te leggen voor wijzigingen hierin in het kader van de natuurontwikkelingsplannen.

2.1.2.2. Beschrijving

De Hemmepolder werd in het laatste kwart van de 13^e eeuw ingedijkt en vormde zowat het sluitstuk van de inpoldering van de gronden tussen Westende en de IJzermonding. Het projectgebied is dan ook een zeer vlak gebied met een hoogte die schommelt tussen 3.8mTAW tot 5 mTAW, ongeveer 1.7 tot 2.3 meter boven de gemiddelde zeespiegel. Naar het noorden toe reiken de duinen tot een hoogte van meer dan 17 mTAW. Ten oosten van het projectgebied heeft het centrum van Lombardsijde zich ontwikkeld op een kam die het stroomgebied van het Geleed scheidt met dat van de Ieperleed ook het 'Nieuw Bedelf' genoemd. De hoogte van het terrein ligt op 7 mTAW.

Ten zuiden van het projectgebied zijn de gronden opgespoten ten voordele van de jachthaven 'Novus Portus'. Het maaiveldpeil is daar ongeveer 7 m TAW.

De kruin van de dijk aan het Piete Sas ligt eveneens op 7 m TAW. Het peil van de as van de overige wegen is overstijgt gemiddeld het omliggende maaiveld met een dertigtal centimeter.



Figuur 2-5: Topografie van het projectgebied

In Figuur 2-5 is de topografie van het gebied afgebeeld. De hoogte is 5 maal uitvergroot. De kustweg, de Jachthaven 'Novus Portus', de Hemmepolder, het Geleed zijn goed zichtbaar. De tijeul van de Kreek van Lombardsijde is beneden-rechts van deze figuur waarneembaar. De poldergrachten zijn goed merkbaar. Ten noorden van de kustweg bestaat een raster van grachten die rechtstreeks uitmonden in het Geleed of via de baangracht langs de kustweg. In het projectgebied zijn grachten aanwezig in de noordpunt van het projectgebied. Deze grachten monden uit in de baangracht langs de kustweg. In het midden van de Hemmepolder, tussen de Alexisweg en de Wiegestraat, zijn grachten aanwezig ter hoogte van de Hoeve gelegen in het midden van het gebied deze grachten monden uit in het Geleed. In het laagst gelegen deel wordt

het gebied ontwaterd door meerdere ondiepe grachten. Ze vertrekken aan de Alexisweg en monden uit in het Geleed een vijftigtal meter opwaarts van het Piete Sas.

In Tabel 2-1 is binnen het projectgebied de potentieel overstroombare oppervlakte aangeduid bij gemiddeld tij, bij gemiddeld doottij en gemiddeld springtij in Nieuwpoort. In Figuur 2-7 zijn deze oppervlaktes afgebeeld.

Tabel 2-1: overstroombare oppervlakten in projectgebied

| Tij | Overstroomde oppervlakte [ha] |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Doodtij [(3.84 mTAW)] | 2.9 |
| Gemiddeld tij [4.38 mTAW] | 13.9 |
| Springtij [4.82 mTAW] | 22.8 |
| Totale oppervlakte projectgebied | 27.8 |



Figuur 2-7: Overstroombare oppervlakte in projectgebied

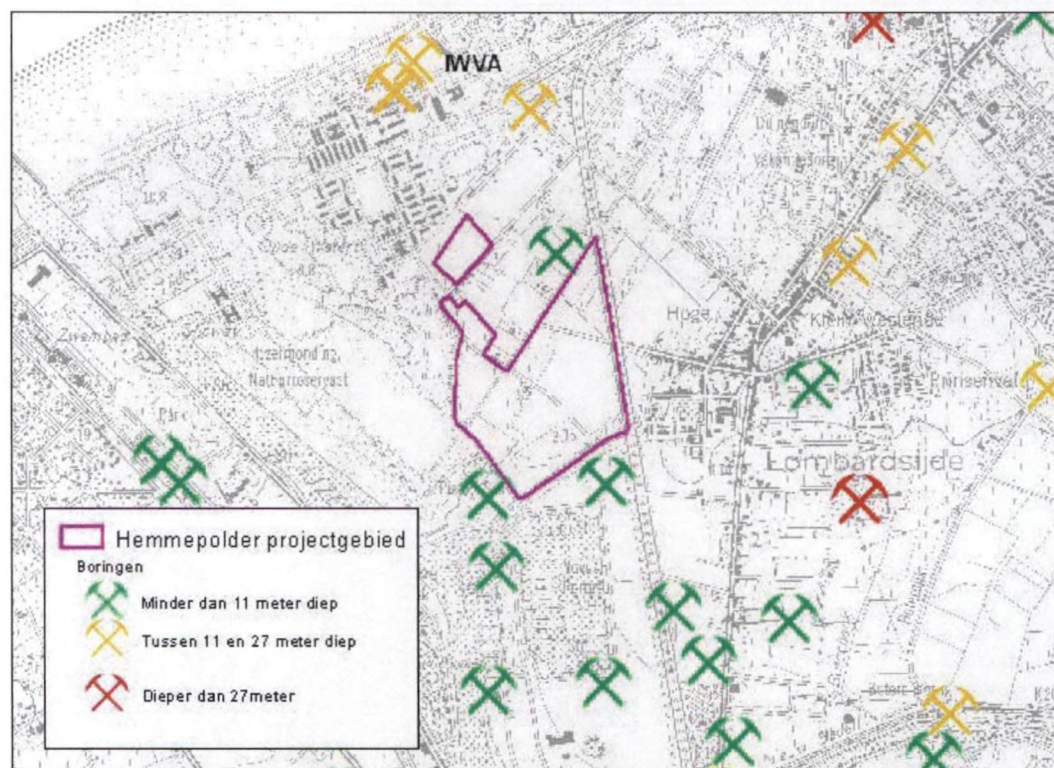
Bij doottij is de omvang van het overstroomde gebied beperkt. Ongeveer 2.8 ha van het gebied wordt onder water gezet. Bij het gemiddelde tij is het overstroomingsgebied veel groter: bijna 14 ha wordt overspoeld. Een gebied van 2.3 hectare ligt juist aan de grens van deze overstroomde zone en zou bij een waterstand van 4.38 mTAW niet totaal onder water komen te staan. Bij springtij overstroomd meer dan 90 % van het gebied. Alleen de hoeve in het midden van het gebied en een

kleine zone langs de Schorrestraat overstroomd niet. Bij extreem hoog water zoals in 1953 waar het tij tot 6.73 mTaw stijgt zou bij de afwezigheid van de Halvemaan dijk het ganse gebied worden overspoeld en zou het water meer dan 2 meter boven het maaiveld staan.

2.1.3. Geologie

2.1.3.1. De databank ondergrond Vlaanderen

In de databank Ondergrond Vlaanderen, zijn de gegevens van een groot aantal boringen rond het projectgebied opgeslagen. Om een goed zicht te verkrijgen van de stratigrafie zijn uit de databank alle relevante boringen geselecteerd. Deze boringen zijn aangeduid op de onderstaande figuur.



Figuur 2-9: Boringen rond projectgebied (Bron Databank ondergrond Vlaanderen)

Uit de boorprofielen blijkt dat de dikte van de quartaire afzetting in dit gebied ongeveer 25 meter bedraagt. Naar het zuiden wordt het iets dikker met waarschijnlijk een maximale dikte in het centrum van de geul. Onder dit quartair dek wordt in enkele boringen het lid van Kortemark (Formatie van Tielt) terug gevonden. De dikte van deze geologische laag is maar enkele meters dik. Vanaf een diepte van 30 meter tot ongeveer 135 meter wordt de Formatie van Kortrijk aangetroffen. Onder deze laag boort men de groep van Landen aan.

De quartaire laag is voornamelijk grijs tot lichtgrijs zand, het is kalkrijk. Het lid van Kortemark wordt gevormd door harde bruinrijze klei. De Formatie van Kortrijk is gekenmerkt door meer plastische grijze klei en de bovenste lagen van de groep van Landen bestaan uit fijn grijs zand met schelpen.

Ter hoogte van het prinsenveld, ten oosten van Lombardsijde is een boring uitgevoerd op de rand van de IJzergeul. Deze boring geeft een zeer goed beeld en beschrijving van de situatie die verwacht kan worden in de Hemmepolder. Het maaiveld ligt op 5.75 meter.

In Bijlage 1 zijn deze boorbeschrijvingen toegevoegd.

2.1.3.2. IWVA

De meest hydrogeologische informatie betreffende de quartaire lagen werd bekomen uit het boorverslag van een boring uitgevoerd in 1993 door de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA) op de terreinen van het Militair Kamp Lombardsijde (IWVA, 1983). Dit militair kamp ligt tussen het projectgebied en de kustlijn.

De plaatscoördinaten van de boring zijn X-coörd. = 36.100 m en Y-coörd. = 206.440 m; de hoogte van het maaiveld bedraagt ongeveer 10,5 mTAW. Deze boring situeert zich ter hoogte van de meest noordelijke boring op Figuur 2-9. De opbouw van de grondlagen wordt als volgt gegeven:

- van 0 tot 0.5 m diepte: oppervlakkige kleilaag;
- van 0.5 tot 11 m diepte: fijn zand, overwegend schelphoudend;
- van 11 tot 14 m diepte: fijn tot middelmatig schelp- en glimmerhoudend zand;
- van 14 tot 17.5 m diepte: fijn zand met grote schelpfragmenten en leembrokjes;
- van 17.5 tot 22 m diepte: idem maar meer leembrokken;
- van 22 tot 23.5 m diepte: sterk schelphoudend zand met leembrokjes;
- van 23.5 tot 25.2 m diepte: grof zand met veel schelpen;
- vanaf 25.2 m diepte: klei

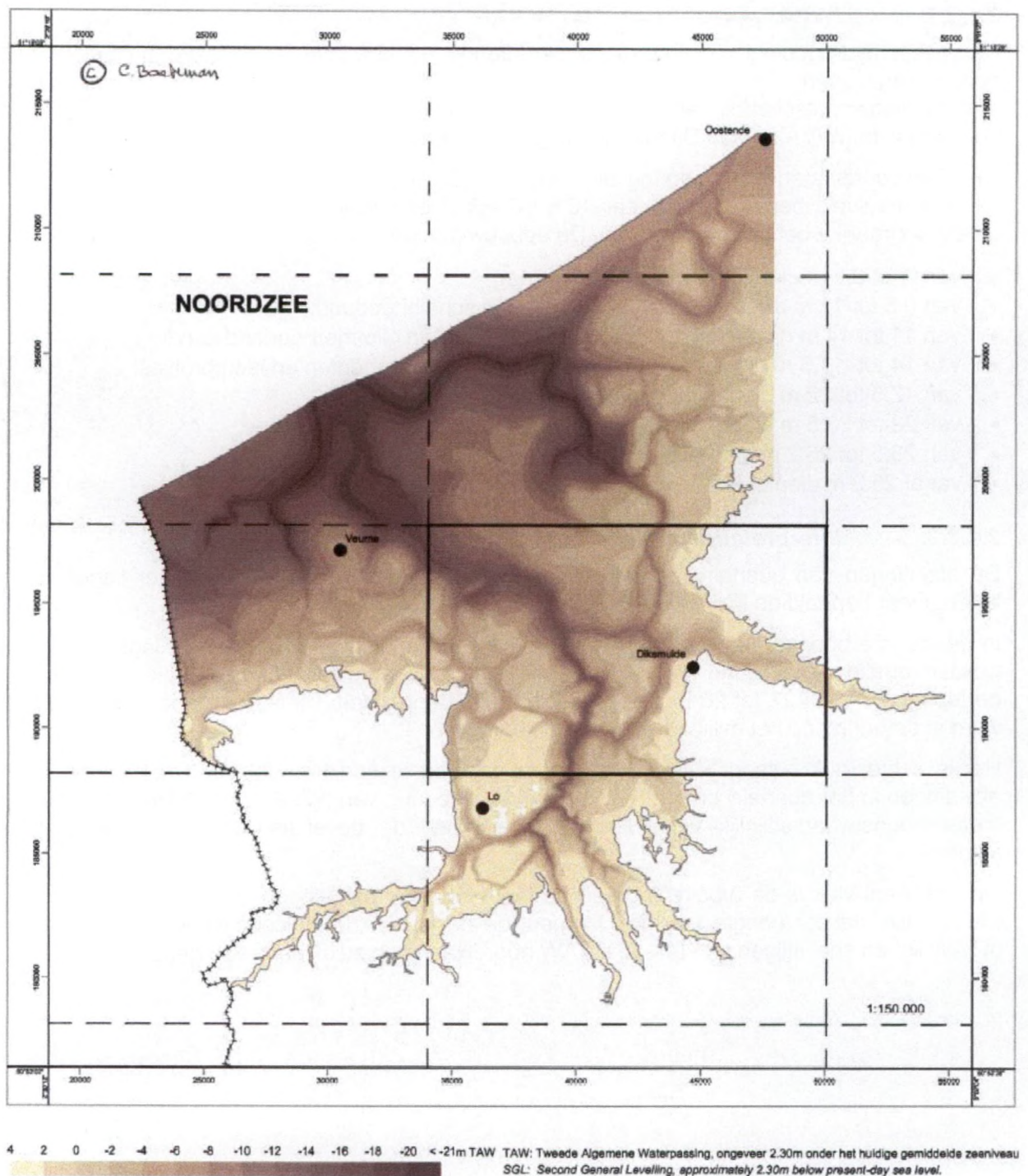
2.1.3.3. Interpretatie

De afzettingen van quartaire oorsprong reiken tot op 25.2 m diepte, daaronder liggen tertiaire lagen, meer bepaald de Formatie van Kortrijk.

In de meeste boringen kan het scheidingsvlak tussen de quartaire en tertiaire lagen vastgesteld worden, omdat de overgang van zand naar compacte klei meestal zeer duidelijk is. Afhankelijk van de topografie is dit 22 tot 28 m diep onder het grondoppervlak. Dit is iets dieper dan vastgesteld werd in de boring op het militair terrein te Lombardsijde.

Het is echter ook belangrijk om de grens te bepalen tussen het Holocene (de meest recente afzettingen in het quartair) en het Pleistoceen. In de boring van IWVA zijn de afzettingen vanaf 14 meter hoogstwaarschijnlijk van Pleistocene afkomst, de bovenste lagen zijn van Holocene afkomst.

Op regionaal vlak is de afbakening van de laat Holocene afzettingen in Figuur 2-11 aangeduid. Hieruit blijkt dat ter hoogte van de IJzergeul de basis van de Holocene sedimenten op -20/-18 mTAW ligt en snel stijgen tot -14/-12 mTAW noordwaarts en zuidwaarts van deze geul.



Figuur 2-11: Basis van Holocene afzettingen (© C. Baeteman, 2004b).

De Hemmepolder ligt aan de rand van de laat Holocene-Getijdegeul (IJzer) die zich ingesneden heeft in het pleistocene afzettingen. De opvulling van dergelijke geul bestaat uit loopzand en kan bij verticale erosie, liquefactie veroorzaken met subsidentie van het gehele gebied tot gevolg.

2.1.3.4. Boringen uitgevoerd in het kader van dit project.

In het projectgebied zijn tien boringen uitgevoerd in het kader van dit project. Deze boringen zijn uitgevoerd in twee transecten; één langsheen de Alexisweg, de andere langsheen de N34. Aanvullend is 1 boring voorzien juist opwaarts van het Piete Sas en 1 halverwege tussen de beide hogervermelde transecten, zodat ook een langstransect ontstaat (Piete Sas – N34).

De boringen werden uitgevoerd door een erkende boorfirma en zijn conform de eisen van OVAM uitgevoerd. Ze zijn droog uitgevoerd en gericht op minimale verstoring van de fysisch-chemische gesteldheid.

De diepte varieert tussen 3 en 9 meter. De locatie van deze boringen is aangeduid Figuur 2-13.



Figuur 2-13: Locatie peilbuizen in projectgebied

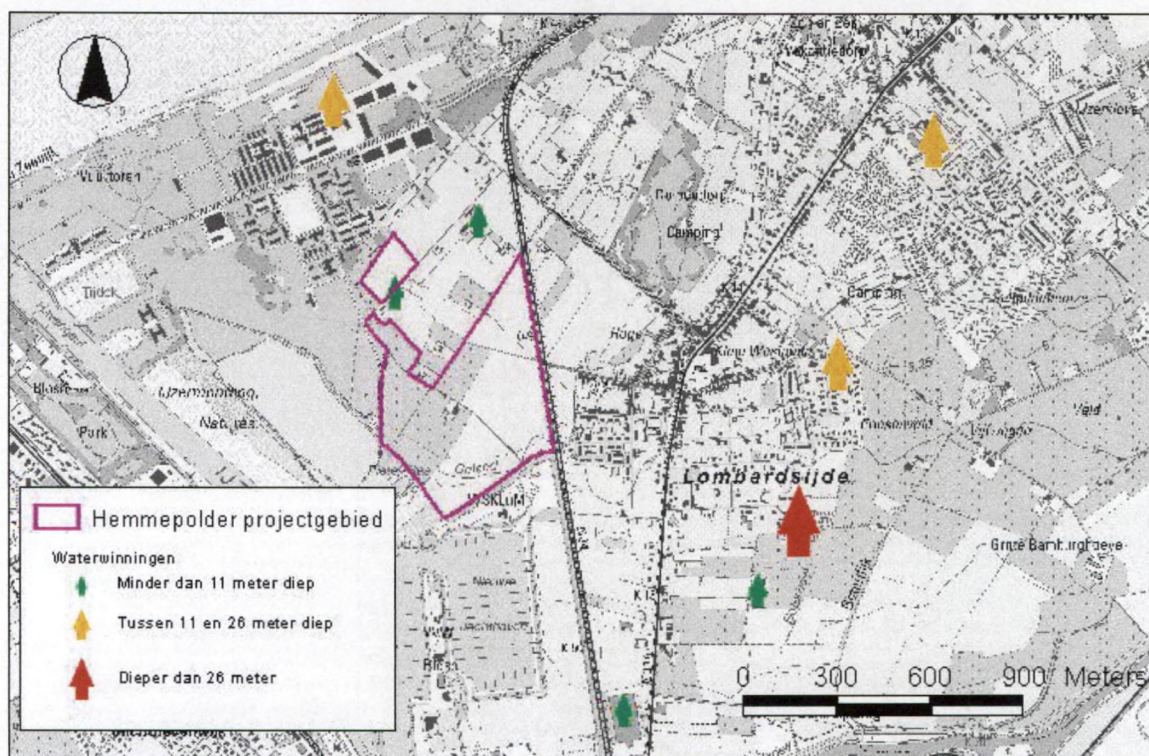
Uit deze gegevens blijkt dat boringen 1 en 2 zich reeds in de duinstreek bevinden. In het boorprofiel is vooral matig grof, zwak siltig zand te vinden. De boring 3 ligt in de polderstreek, de eerste 2 meter wordt gevormd door een zwak zandige kleilaag. Onder deze kleilaag wordt matig grof zand aangetroffen. De bovenste meter van boring 4 bestaat uit matig grof zand en is zwak siltig. Onder deze laag is één meter klei terug te vinden. Vanaf 2 meter beneden het maaiveld is matig grof, zwak siltig zand aangeboord. Peilbuizen 5, 6, 7 en 8 hebben hetzelfde type profiel: tussen 0 en 50 cm is de bodem zanderig en zwak siltig. Onder deze dunne zandlaag is een dikke slecht doorlatende laag aanwezig die reikt tot het einde van het boorprofiel. Boring 9 is van dezelfde aard, ze heeft echter een zanderige laag van 1 meter i.p.v. 0.5 m.

Boring 10 is uitgevoerd ter hoogte van het Piete Sas langs het Geleed. De eerste 50 cm zijn zanderig. Hieronder bevindt zich een zwak zanderige leemlaag. In Bijlage 1 is een tabel toegevoegd met een overzicht van de veldwaarnemingen tijdens de boringen.

2.1.4. Hydrogeologie

De dichtstbijzijnde waterwinning die uitgebaat wordt door een drinkwatermaatschappij (IWVA) is de St-André-winning in Koksijde.

Rond het projectgebied zijn meerdere vergunde grondwateronttrekkingen aanwezig. Ze worden afgebeeld in Figuur 2-15. Ze onttrekken bijna allemaal het water uit de zeer kwetsbaar quartaire aquifer. Uit de formatie van Kortrijk die vooral uit klei bestaat wordt geen water onttrokken, de hydraulische doorlatendheid is erg beperkt. Uit het landenaan, op 165 meter diepte, is één winning aanwezig. Het is veruit de grootste, het vergunde debiet is 21 900 m³ per jaar.



Figuur 2-15: Vergunde grondwaterwinningen rond projectgebied

In het militair domein van Lombardsijde is eveneens een grondwateronttrekking aanwezig. Volgens de leidende ambtenaar van het militair kamp, Dirk De Meester, wordt voor lokaal gebruik op een diepte van 10 meter jaarlijks 8000 tot 11000 m³ water opgepompt.

Een algemene hydrogeologische beschrijving van de ondergrond in de regio kan bekomen worden uit de digitale databank van de Hydrogeologische Codering Ondergrond Vlaanderen (HCOV) (Meyus et al., 2001):

- het grondoppervlak bevindt zich op een niveau van 3 mTAW;
- van 3 tot -0.62 mTAW: kleiige polderafzettingen van de kustvlakte, HCOV-code 0131;
- van -0.62 tot -6.60 m TAW: zandige kreekruggen², HCOV-code 0134;

² Volgens C. Baeteman bestaat het materiaal van deze laag uit geulopvulling, niet algemeen maar beperkt tot de Geul.

- van -6.60 tot -14.36 mTAW: Pleistocene deklagen, HCOV-code 0150;
- van -14.36 tot -16.34 mTAW: Pleistoceen van de kustvlakte, HCOV-code 0161;
- vanaf -16.34 mTAW: leperiaan aquitard systeem (klei), HCOV-code 0900.

Hierbij moeten volgende opmerkingen gemaakt worden:

- het niveau van het grondoppervlak is aan de lage kant, wat waarschijnlijk te wijten is aan de minder nauwkeurige en te veralgemeende gegevens betreffende de topografie in het databestand;
- de kleiige polderafzettingen, HCOV-code 0131, verwijzen naar de oppervlakkige bodemlaag, zoals ook weergevonden in de boring op het militair terrein te Lombardsijde;
- de zandige kreekkruggen, HCOV-code 0134, betreffen doorlatende zandlagen;
- de deklagen, HCOV-code 0150, verwijzen naar zandige tot lemige lagen die minder doorlatend zijn;
- het Pleistoceen van de kustvlakte, HCOV-code 0161, betreft goed doorlatende lagen zoals grof zand of grind;

Uitgaande van dit boorresultaat werd de hydrogeologische opbouw als volgt geïnterpreteerd. De bovenste 14 m bestaande uit fijn tot middelmatig zand vormen een doorlatende laag. Daaronder bevindt zich tot op 23 m diepte een slecht doorlatende laag bestaande uit lemig fijn zand. Onder deze slecht doorlatende laag bevindt zich opnieuw een doorlatende laag bestaande uit grof zand van ongeveer 2 m dikte. Deze laag rust op het zeer slecht doorlatende leperiaan aquitardsysteem.

Wanneer we deze algemene hydrogeologische beschrijving vergelijken met de hydrogeologische interpretatie van de lokale boorbeschrijving op het militair domein te Lombardsijde dan blijkt er een zeer goede overeenkomst te bestaan. Aldus komen we tot volgende globale hydrogeologische schematisering van de ondergrond, die we zullen gebruiken voor het grondwatermodel:

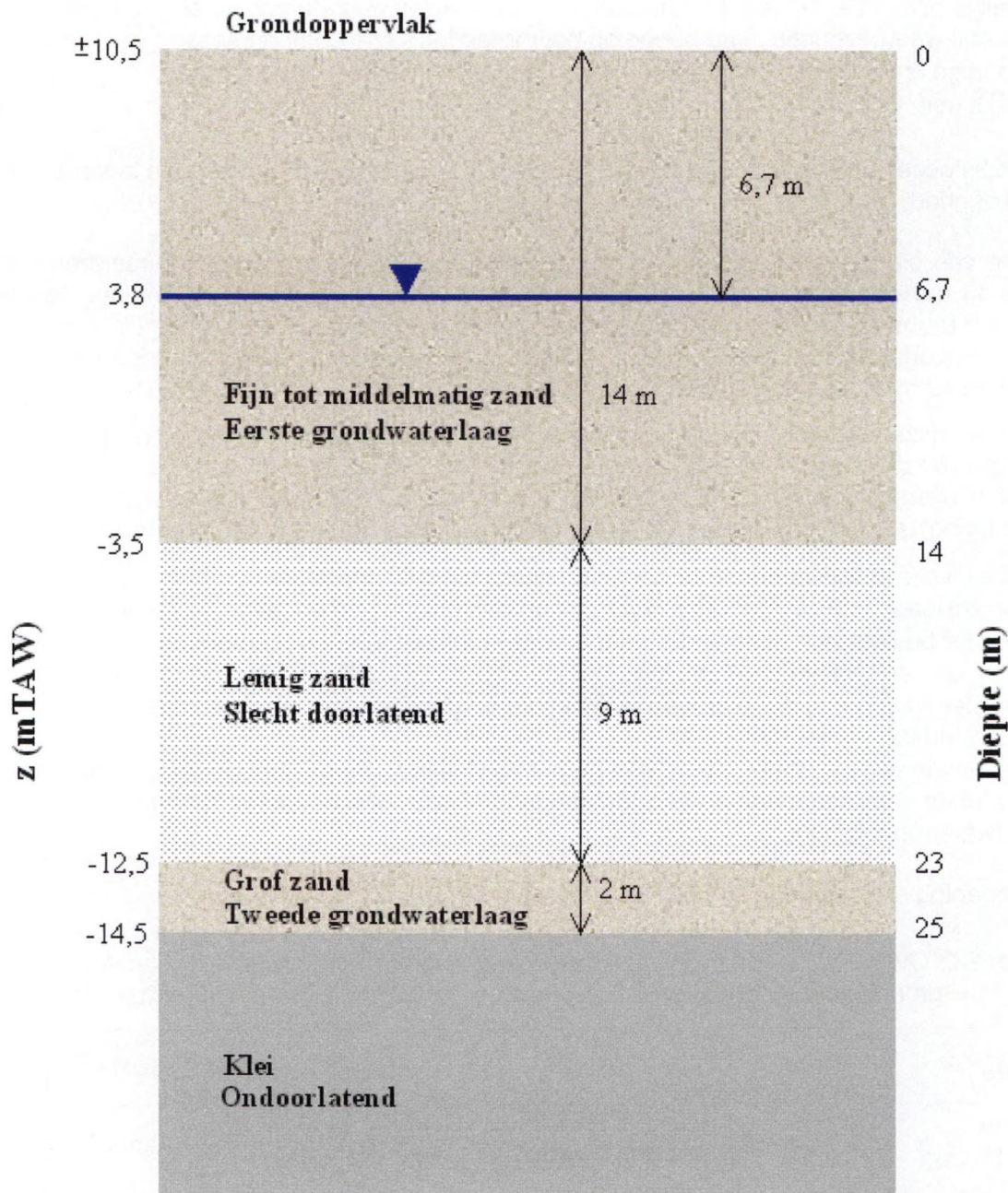
- een freatische grondwaterlaag bevindt zich onder het grondoppervlak en eventuele bodemkleilaag in de zandige afzettingen tot op een niveau van ongeveer -6 mTAW;
- daaronder bevindt zich een minder doorlatende laag bestaande uit de lemige zandlagen tot op een niveau van ongeveer -14 mTAW;
- daaronder zit een 2 m dikke grove zandlaag die goed doorlatend is en een afgesloten grondwaterlaag vormt;
- op de niveau van ongeveer -16 mTAW begint een kleilaag die gezien zijn dikte en slecht doorlatende eigenschappen als ondoorlatende basis kan beschouwd worden bij de grondwatermodellering.

De hydrogeologische opbouw wordt verduidelijkt in Tabel 2-2 en Figuur 2-17.

Tabel 2-2: Overzicht van de hydrogeologische indeling van de grondlagen gebruikt in het grondwatermodel opgesteld op basis van de Boring in het Militaire Domein.

| Grondlaag | HCOV-code | Samenstelling | Hoogte | Dikte |
|---------------------------|-----------|---------------------------|----------------------------------|----------|
| Freatische grondwaterlaag | 0134 | Fijn tot middelmatig zand | Vanaf grondoppervlak tot -6 mTAW | Variabel |
| Afsluitende laag | 0150 | Lemig zand | Van -6 tot -14 mTAW | 8 m |

| Grondlaag | HCOV-code | Samenstelling | Hoogte | Dikte |
|----------------------------|-----------|---------------|----------------------|-------|
| Afgesloten grondwaterlaag | 0161 | Grof zand | Van -14 tot -16 mTAW | 2 m |
| leperiaan aquitard systeem | 0900 | Compacte klei | Vanaf -16 mTAW | - |



Figuur 2-17: Schematische weergave van de lokale opbouw van de grondlagen uitgaande van de boring uitgevoerd in 1993 op het militair terrein te Lombardsijde.

Uitgaande van de HCOV-code kunnen de hydrogeologische eigenschappen van de grondlagen afgeleid worden door gebruik te maken van de gegevens betreffende pompproeven opgenomen in de databank van het Vlaams Grondwater Model (VGM) van AMINAL, afdeling Water. Er zijn evenwel geen resultaten van pompproeven beschikbaar in het studiegebied, wel in de wijdere omgeving. Tabel 2-3 geeft de weergevonden gegevens weer van pompproeven tot op een afstand van 10 km rondom het studiegebied.

Tabel 2-3: Overzicht van gegevens van pompproeven in de omgeving van het studiegebied opgenomen in de VGM databank van AMINAL, afdeling Water.

| HCOV-code | X-coörd. (m) | Y-coörd. (m) | Doorlatend- heid (m/d) | Specifieke berging (m ⁻¹) | Porositeit (%) |
|-----------|-----------------|-----------------|---------------------------|--|-------------------|
| 0134 | 30600 | 200800 | 17.06 | 1.2 10 ⁻⁴ | - |
| 0134 | 30054 | 199500 | 9.00 | 1.1 10 ⁻⁵ | 38 |
| 0134 | 36822 | 196459 | 4.70 | 4.9 10 ⁻⁵ | - |
| 0134 | 36822 | 196459 | 19.89 | 1.6 10 ⁻⁴ | - |
| 0134 | 36822 | 196459 | 4.70 | - | - |
| 0161 | 30454 | 202438 | 48.00 | - | - |
| 0161 | 30454 | 202438 | 69.00 | - | - |
| 0161 | 30395 | 202450 | 8.00 | 1.1 10 ⁻⁵ | 38 |
| 0161 | 30600 | 200800 | 25.64 | 6.4 10 ⁻⁵ | - |
| 0161 | 36822 | 196459 | 11.42 | 5.6 10 ⁻⁵ | - |
| 0161 | 29000 | 200200 | 37.50 | 1.1 10 ⁻⁵ | 38 |

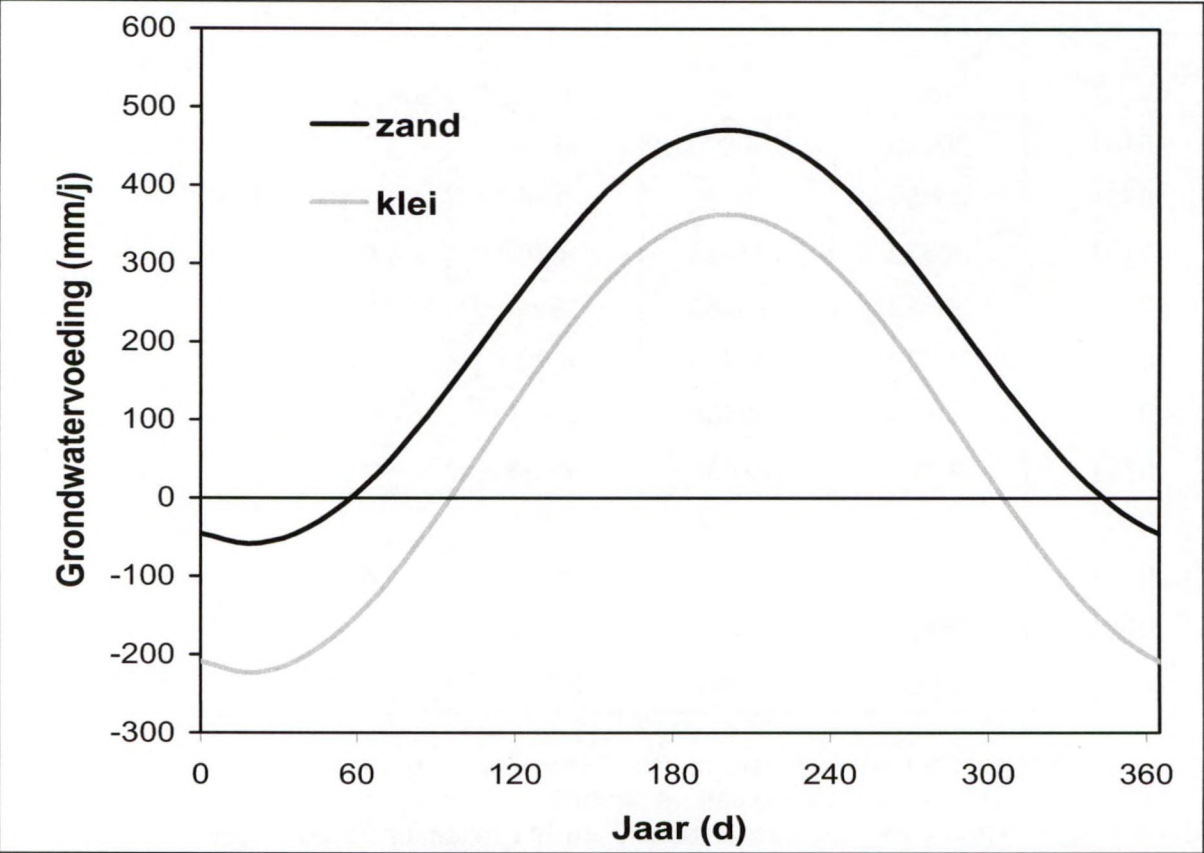
We beschikken over 5 resultaten van pompproeven voor de bovenste freatische grondwaterlaag (HCOV 0134). De meest representatieve waarden worden bekomen door het geometrisch gemiddelde te nemen voor de doorlatendheid en het rekenkundig gemiddelde voor de andere parameters; dit geeft 9.2 m/d voor de doorlatendheid, 8.5 10⁻⁴ m⁻¹ voor de specifieke berging en 0.38 voor de porositeit. Voor de diepere afgesloten laag (HCOV 0161) werden er resultaten van 6 pompproeven weergevonden, met als meest representatieve waarde 25.7 m/d voor de doorlatendheid, 3.6 10⁻⁵ m⁻¹ voor de specifieke berging en 0.38 voor de porositeit.

Er werden in het databestand geen resultaten gevonden voor de tussenliggende afsluitende laag (HCOV 0150). Omdat het een lemige zandlaag betreft zullen we hiervoor typische waarden veronderstellen van respectievelijk 1 m/d voor de doorlatendheid, 1 10⁻⁴ m⁻¹ voor de specifieke berging en 0.4 voor de porositeit.

Merk op dat de doorlatendheid waarvan sprake hierboven betrekking heeft op de horizontale doorlatendheid van de lagen, zoals deze kan afgeleid worden uit pompproeven. Er is geen informatie betreffende de verticale doorlatendheid, maar het is gebruikelijk om deze 10 maal kleiner te veronderstellen dan de horizontale doorlatendheid om het effect van gelaagdheid en het voorkomen van klei- en leemlenzen in rekening te brengen.

De bodemlaag wordt niet opgenomen in het grondwatermodel omdat deze niet behoort tot het verzadigde grondwater; evenwel heeft de bodemlaag een invloed op de grondwatervoeding, dit is

het neerslagoverschot dat infiltreert in de bodem en percoleert naar de grondwatertafel. De grondwatervoeding kan afgeleid worden uit een recente studie (2003-2004) betreffende de grondwatervoeding in Vlaanderen uitgevoerd door de Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde VUB in opdracht van AMINAL, afdeling Water. In het studiegebied komen voornamelijk twee soorten bodem voor: zandbodems op de strandruggen en duinen, en kleibodems op de schorren. Voor deze twee soorten bodems worden de resultaten gegeven in Tabel 2-4. Het betreft gemiddelde waarden voor een standaard zomer, winter en totaal jaar. Deze gegevens kunnen omgezet worden in een cyclische variatie van de grondwatervoeding over een standaard jaar zoals weergegeven in Figuur 2-19.



Figuur 2-19: Variatie van de grondwatervoeding over een standaard jaar in functie van de bodemsoort.

Tabel 2-4: Overzicht van gegevens betreffende de grondwatervoeding in het studiegebied.

| | Grondwater voeding (mm) | | |
|-----------|-------------------------|--------|--------|
| | zomer | winter | totaal |
| zandbodem | 18.8 | 187.3 | 206.7 |
| kleibodem | -58.2 | 128.2 | 70.0 |

2.1.5. Ontwikkeling van de kustvlakte ³

Het ontstaan van de Belgische kustvlakte is het resultaat van de zeespiegelstijging tijdens het Holocene (tienduizend jaar geleden tot nu), als gevolg van het afsmelten van de ijskappen in noordelijk Europa. De benedenloop van de IJzer heeft in die periode zijn definitieve vorm gekregen. Figuur 2-21 tot Figuur 2-37 (Baeteman, 2002a en Baeteman, 2004) illustreren de evolutie van de IJzergeul tussen 9400 en 6000 jaar geleden.

[Figuur 2-21: Het mondingsgebied van de IJzergeul (9400-9000 Jaar geleden)]

Het gemiddelde zeespiegelpeil is -18m onder het actuele gemiddelde zeeniveau. Het tij dringt binnen in een palaeovallei verbonden aan de westelijke depressies. Tussen de depressies ontstaat een hoger gelegen landtong. Getijdengeulen zijn gevormd en landwaarts van het wadgebied ontwikkelt zich zoetwater moeras met accumulatie van basisveen. De omgeving was laag energetisch.

[Figuur 2-23: Het mondingsgebied van de IJzergeul (9200-9000 Jaar geleden)]

De zeespiegel stijgt tot -15 m onder het actuele gemiddelde zeeniveau. Alhoewel de stijging van de zeespiegel snel verloopt, is de laterale expansie van het wadgebied beperkt tot de vallei. De ontwikkeling van veen op hoger gelegen gronden wordt waarschijnlijk bevorderd door kwel van zoet water.

[Figuur 2-25: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8700 Jaar geleden)]

Achtduizend zeventien honderd jaar geleden is het gemiddelde zeeniveau -14m onder het actuele gemiddelde zeeniveau. Het wadgebied spreidt langzaam naar de westelijke zijde van de depressie in de paleovallei. Het ging vooral om een moddervlakte. De band van zoetwatermoerassen schuift naar hogere gronden naar het binnenland toe. Deze is nog steeds smal omdat het reliëf niet toelaat om lateraal uit te breiden.

[Figuur 2-27: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8400 Jaar geleden)]

Een duizendtal jaar nadat het tij de streek is beginnen indringen en na een relatieve stijging van 6 meter van de zeespiegel begint de eerste substantiële laterale en landinwaartse expansie van de tijvlakte en ontstaan de grote laterale getijdengeulen. In het noordwesten is nog steeds een niet overstroombare landtong aanwezig. De getijdengeulen aan de oostzijde is arbitrair ingetekend omdat, een tijvlakte niet kan bestaan zonder een tijgeul. Het relatief vlak reliëf aan de oostzijde resulteert in een bredere band van zoetwater moeras. Dit moeras breidde zich uit tot in de zijrivieren.

[Figuur 2-29: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8300-8100 jaar geleden)]

Het gemiddelde zeeniveau is -10m onder het actuele gemiddelde zeeniveau. De wadden strekten zich nog meer inlands uit. De perifere zone van zoetwater moerassen werd hoger opgeduwd door de rijzende zee. Vooral in de kleine rivierdalen groeide het veen aan. Het kustveen ten oosten van de tijgeul en de landtong in het noordwesten zijn ingenomen door de tijvlakte.

[Figuur 2-31: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8000 -7800 Jaar geleden)]

De gemiddelde zeespiegel schommelt tussen -8m en -7m onder het actuele gemiddelde zeeniveau. Het wadgebied breidt verder naar het westen uit. De tijvlakte neemt nu ook de kleine rivierdalen ver in het zuiden in. Door deze inname werden de zoetwater moerassen overspoeld

³ Baeteman C, 2002a, Baeteman C, 2002b en Baeteman, 2004.

met zout water. Tijdens deze periode, valt de kustbarrière gelijk met de huidige kustlijn in het westen.

[Figuur 2-33: Het mondingsgebied van de IJzergeul (7750 -7500 Jaar geleden)]

Het gemiddelde niveau van de zee is -5m onder het actuele peil. De kust is sterk opgeschoven in het binnenland. Deze periode is gekarakteriseerd door een vertraging van het stijgen van het zeeniveau. Het oprukken van de tijvlakte landinwaarts is sterk verminderd. Dit resulteert waarschijnlijk in de verbetering van de ontwatering van zoet water. De verbetering van de drainage komt door de uitbreiding van de getijdengeul in de IJzervallei: de schorre evolueerde naar zoetwater moeras. Aan de rand van het wad, kan het veen zich langer ontwikkelen en zich uitbreiden over grotere gebieden. Basisveen van deze periode wordt aangetroffen tussen -4 en -6mTAW.

[Figuur 2-35: Het mondingsgebied van de IJzergeul (7500 -7000 Jaar geleden)]

Het gemiddelde zeeniveau reikt tot -5 tot - 4 m onder het actuele gemiddelde zeeniveau. De kustlijn en de extensie van de tijvlakte veranderen nauwelijks behalve in een zone ten zuiden van Veurne. Door de vertraagde verhoging van de zeespiegel wordt de verticale accumulatie in de kustvlakte dominant, en verbreden de getijdengeulen door laterale erosie.

[Figuur 2-37: Het mondingsgebied van de IJzergeul (6800 -6000 Jaar geleden)]

Het gemiddelde zeeniveau is -2m onder het actuele gemiddelde zeeniveau. De kustlijn is zeewaarts opgeschoven omdat het getijdengebied, ten minste in het westelijke gedeelte, compleet opgevuld is met sediment. De aanvoer van sediment is hoger dan de mogelijkheid om nieuwe sedimentatieplaatsen te creëren. Zoetwaterbroeken zijn, buiten het westelijke deel, dominant over de ganse vlakte

Vanaf ongeveer 5500 stijgt de zeespiegel met een snelheid van 70 cm per 1000 jaar. Dit is ongeveer dezelfde snelheid als vandaag. De voorraad aan sediment vanuit zee is groter dan de creatie van nieuwe geulen landinwaarts. Deze landinwaartse migratie van het wadgebied is compleet gestopt, de kustlijn verlegt zich terug zeewaarts verder dan deze die we vandaag kennen. Men kent langere periode van veengroei en laterale extensie van zoetwatermoeras veralgemeent zich.

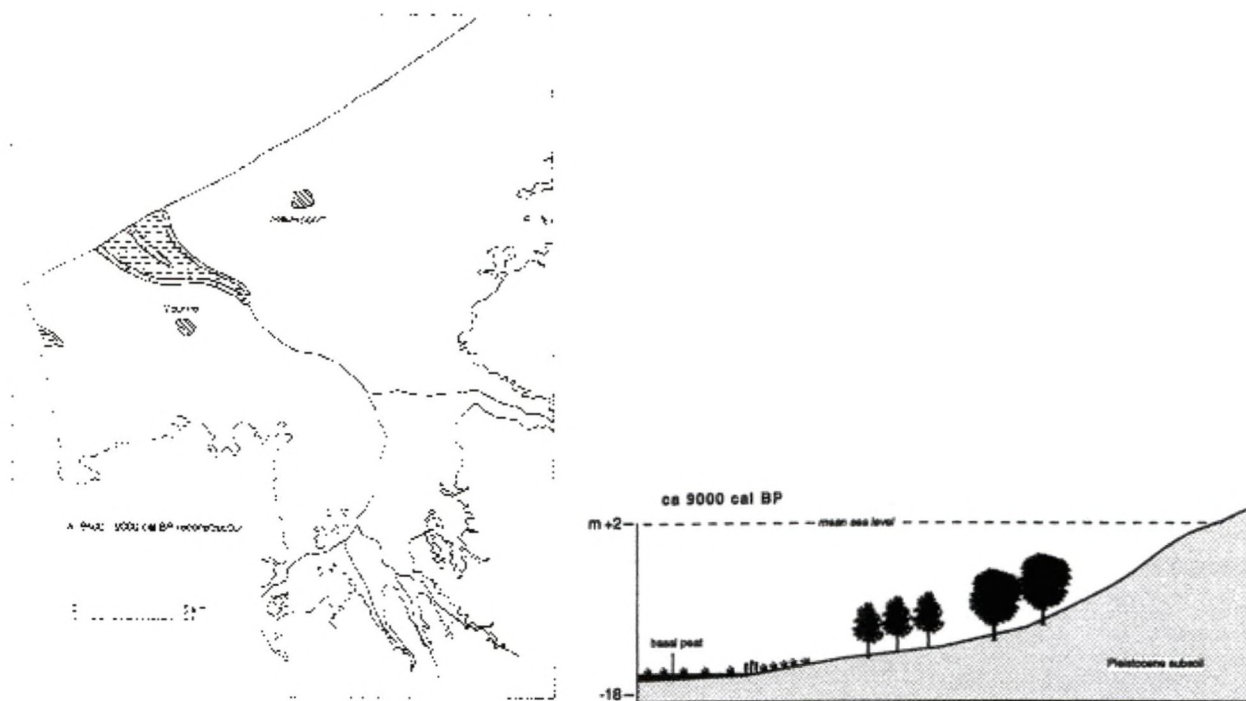
De kustvlakte evolueert nauwelijks. De zoetwater moerassen zijn veralgemeend. Veengroei breidde zich uit over de opgeslibde geulen want deze accumulatie hield gelijke tred met de stijging van de gemiddelde zeespiegel. De belangrijkste geulen blijven open, waarschijnlijk sterk verkleind. Ze dienen vooral om het oppervlaktewater af te voeren. Soms kon het zeewater de geulen indringen. Deze situatie heeft bijna 300 jaar geduurd.

Dit veen is bedolven met een 2tal meter homogene tijvlakte modder. Deze bedelving is niet het gevolg van een (bruuske) stijging van het zeeniveau. Het is echter een gevolg van een sterke ontwatering van het veen bij laag water. Deze ontwatering heeft het veen doen inklinken zodat de kustvlakte onder het gemiddelde zeeniveau kwam te liggen. De kustlijn schuift terug landinwaarts op. Deze fenomenen hebben zich tussen 3000 en 2400 jaar geleden afgespeeld. De oprukkende mariene omstandigheden hebben geleid tot het verder uitdiepen van getijdengeulen soms tot de pleistocene afzettingen. Omdat te weinig sediment voorhanden is om de tijvlakte snel te bedekken, zijn vooral de diep uitgesneden getijdengeulen met sediment opgevuld. Na deze periode lijkt een periode van laag energetische condities te zijn aangebroken die tot 1400 à 1200 jaar geleden heeft geduurd. Deze periode heeft zich gekarakteriseerd door laterale sedimentatie in plaats van verticale insnijding van de geulen. Deze is ook mogelijk gemaakt door verdere compactie van het veen en door menselijke activiteiten. Men denkt dat 1500 jaar geleden (450 AD) een wadgebied terug aanwezig was over bijna de totale kustvlakte. Het is nog niet duidelijk hoe lang het duurde

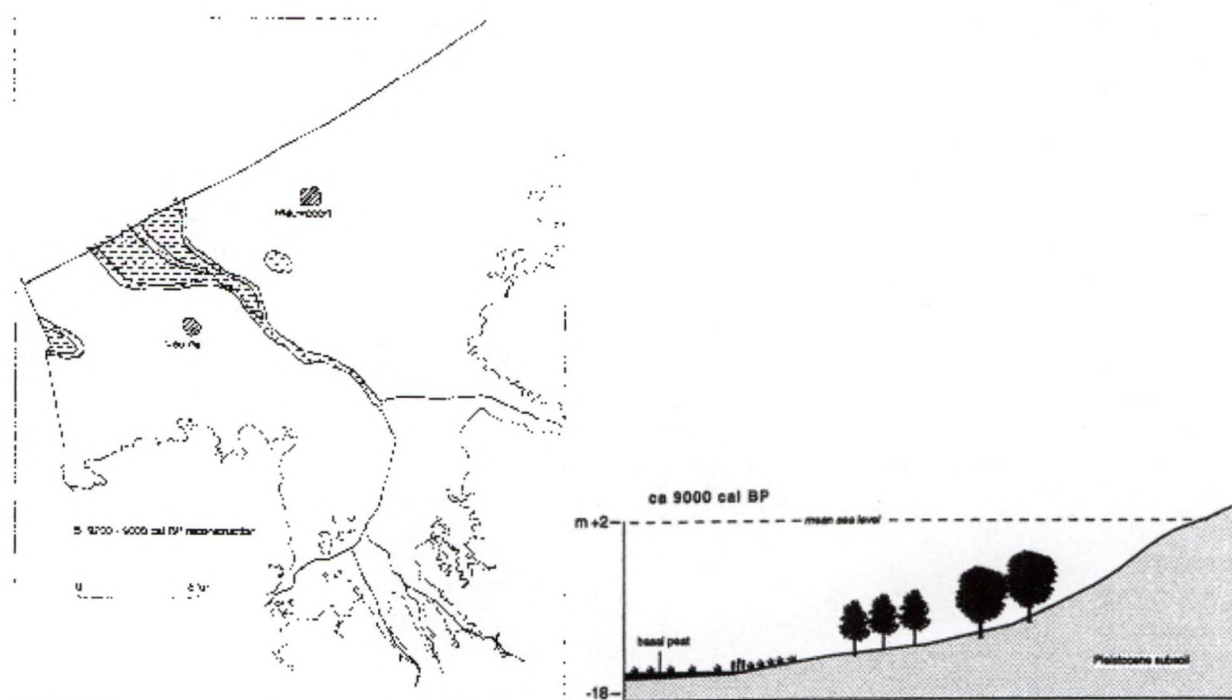
voordat dit gebied zich opgevuld heeft tot een springtij-niveau dat zich daarna ontwikkeld heeft tot schorre en zoutweiden. Onderzoek heeft uitgewezen dat getijdengeulen nog steeds actief waren rond 1300.

Vanaf de 10^{de} eeuw kwamen de eerste bedijkingen tot stand: het Oudland. In de twee daaropvolgende eeuwen werden het effect van de overstromingen beperkt door menselijke ingrepen. Hierdoor ontstond het Middelland. In de twaalfde eeuw werd rond het mariene inbraakgebied rond Nieuwpoort een dijk opgeworpen zodat het achterliggende schorregebied droog kwam te liggen: het Nieuwland.

Omstreeks 1300 werd door de mens het westelijke vloedgat drooggelegd en kwam de IJzer in zijn huidige bedding te liggen. Vanaf 1226, had de Sint Pietersabdij van Oudenburg de inpoldering aangevat van het vloedgat op de rechteroever (Kreek van Lombardsijde), tussen de binnenduinen van Westende en de zeeduinen van Lombardsijde-bad. Door deze werken is de Hemmepolder ontstaan. Deze werken werden pas na 1300 voltooid.



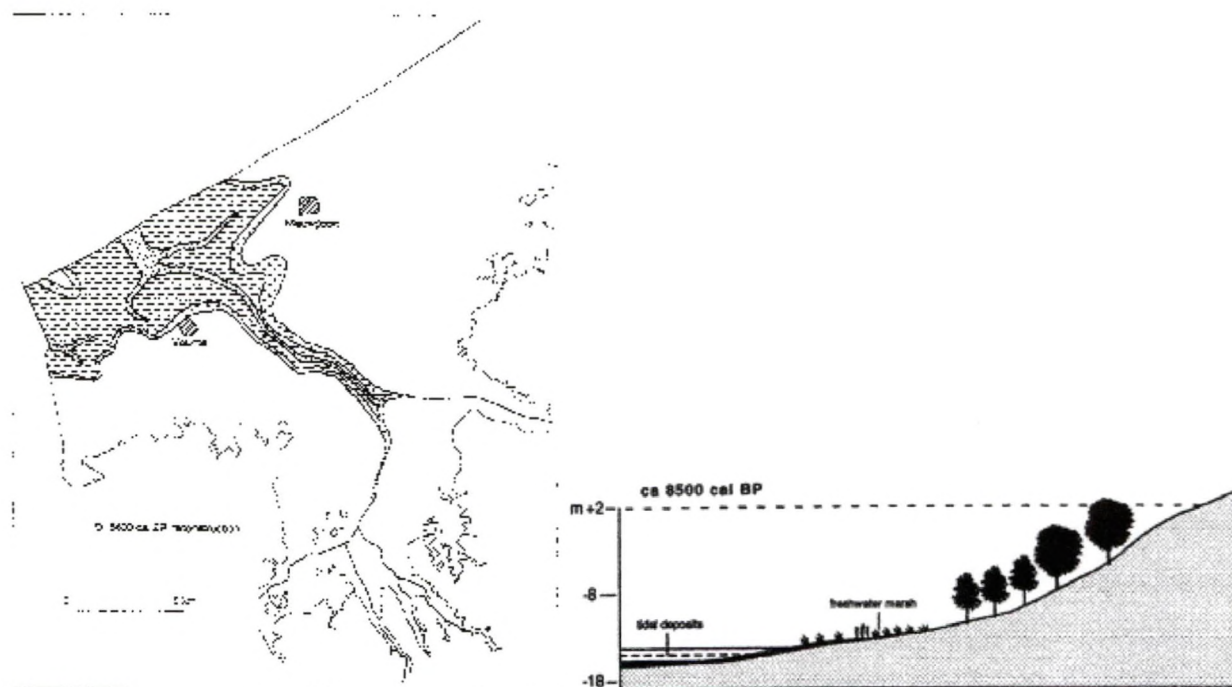
Figuur 2-21: Het mondingsgebied van de IJzergeul (9400-9000 Jaar geleden)



Figuur 2-23: Het mondingsgebied van de IJzergeul (9200-9000 Jaar geleden)



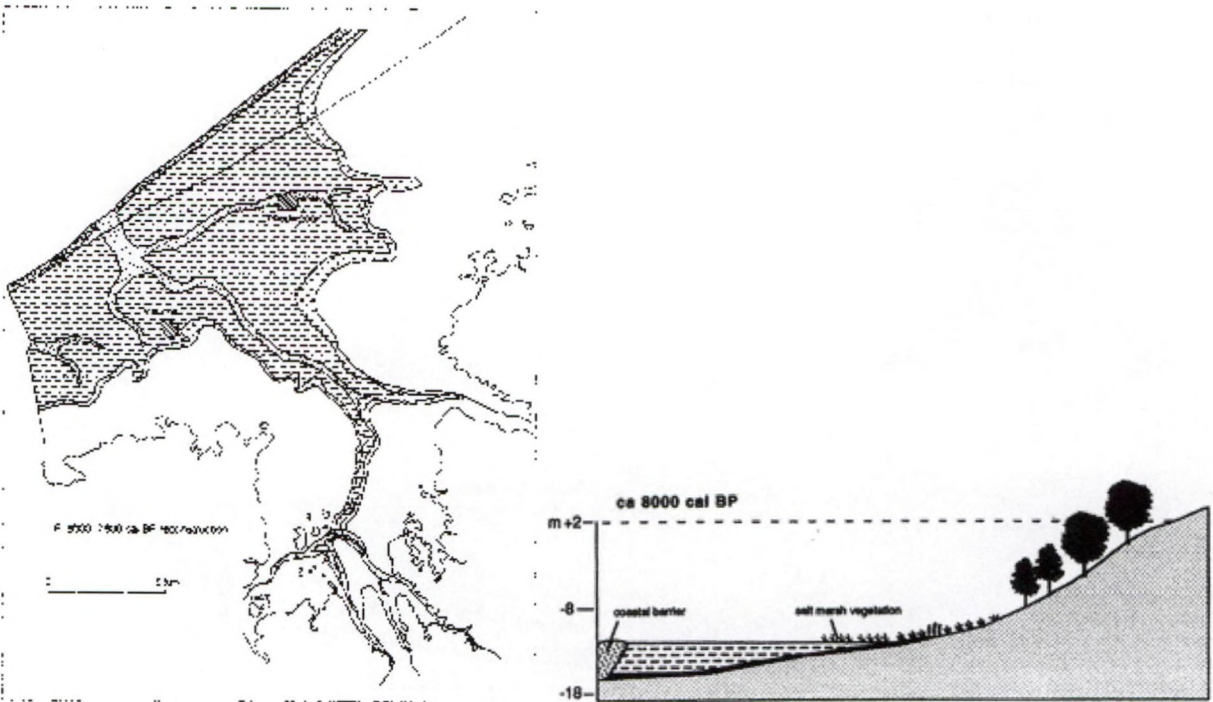
Figuur 2-25: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8700 Jaar geleden)



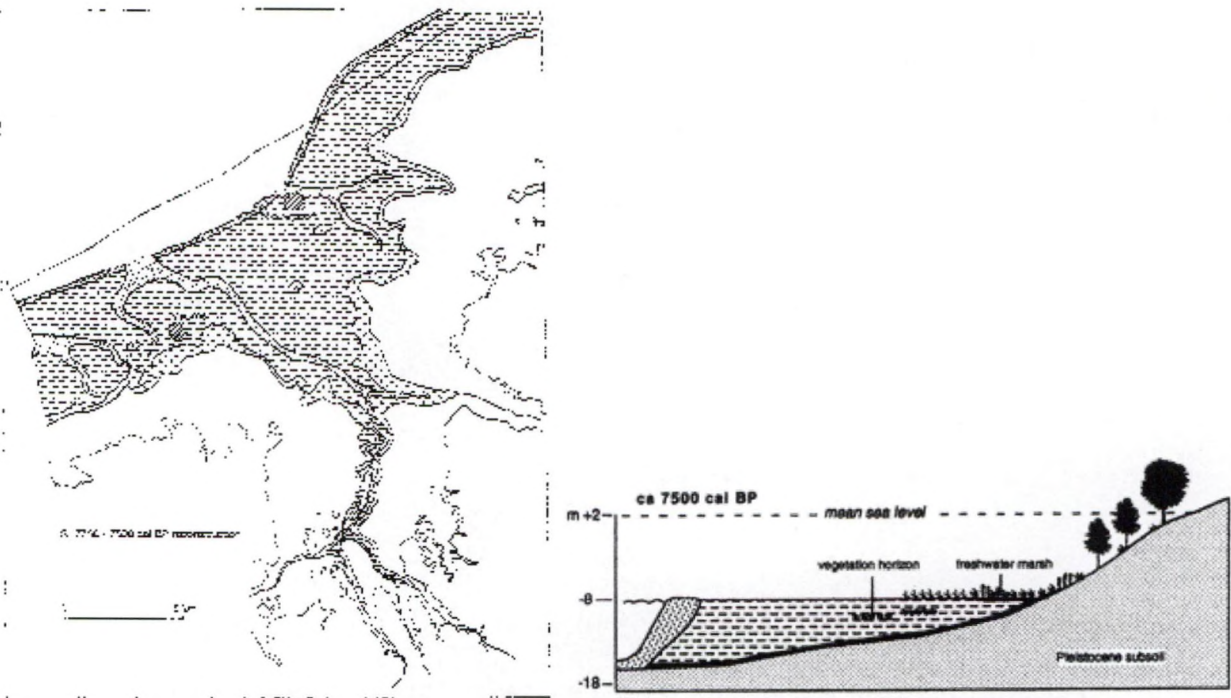
Figuur 2-27: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8400 Jaar geleden)



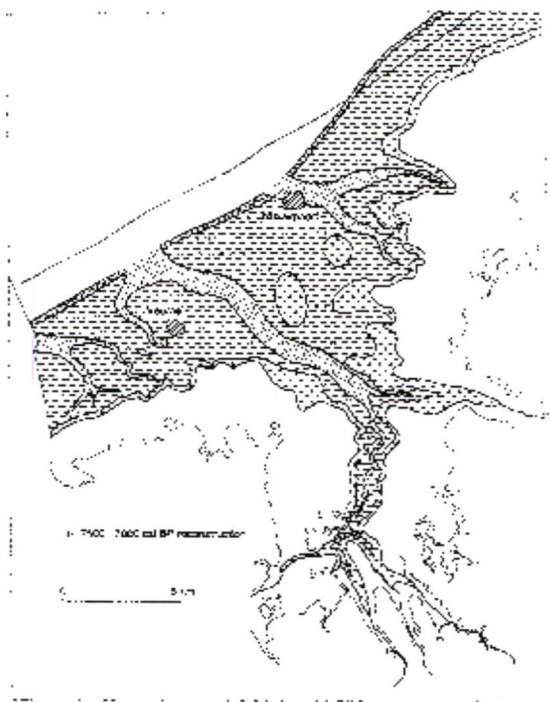
Figuur 2-29: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8300-8100 jaar geleden)



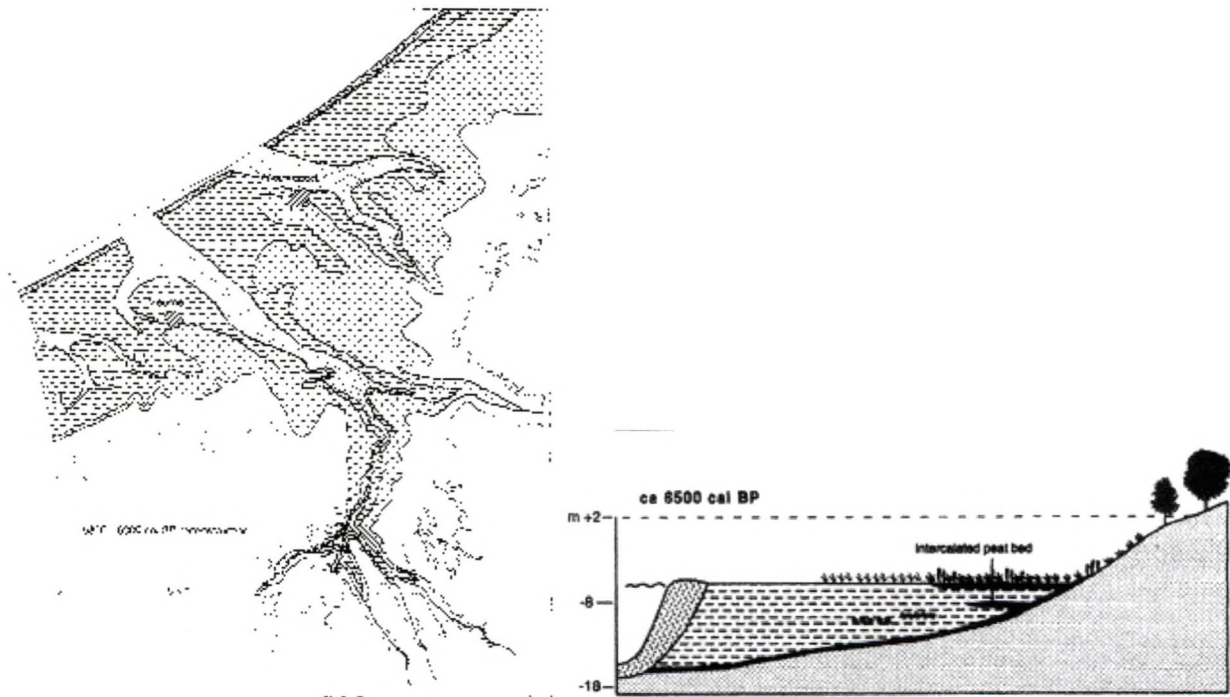
Figuur 2-31: Het mondingsgebied van de IJzergeul (8000 -7800 Jaar geleden)



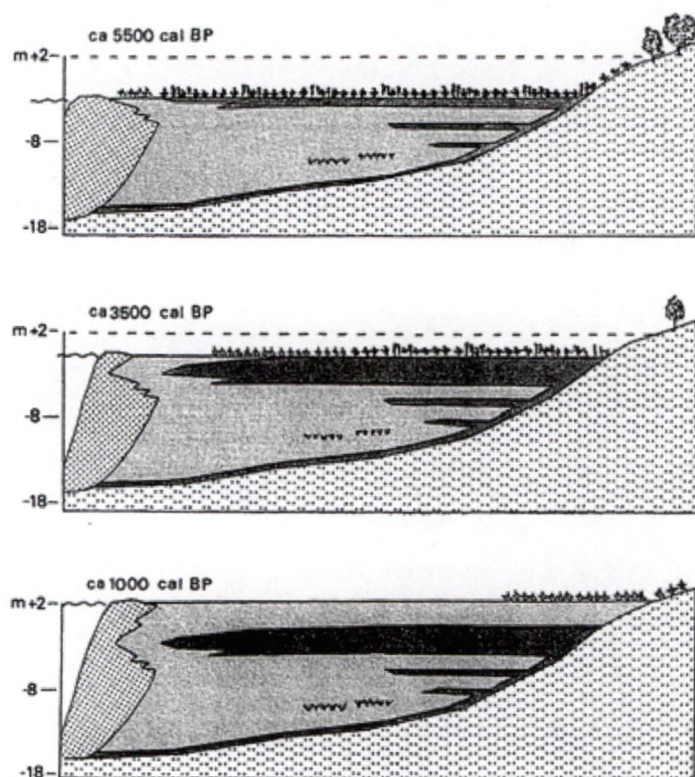
Figuur 2-33: Het mondingsgebied van de IJzergeul (7750 -7500 Jaar geleden)



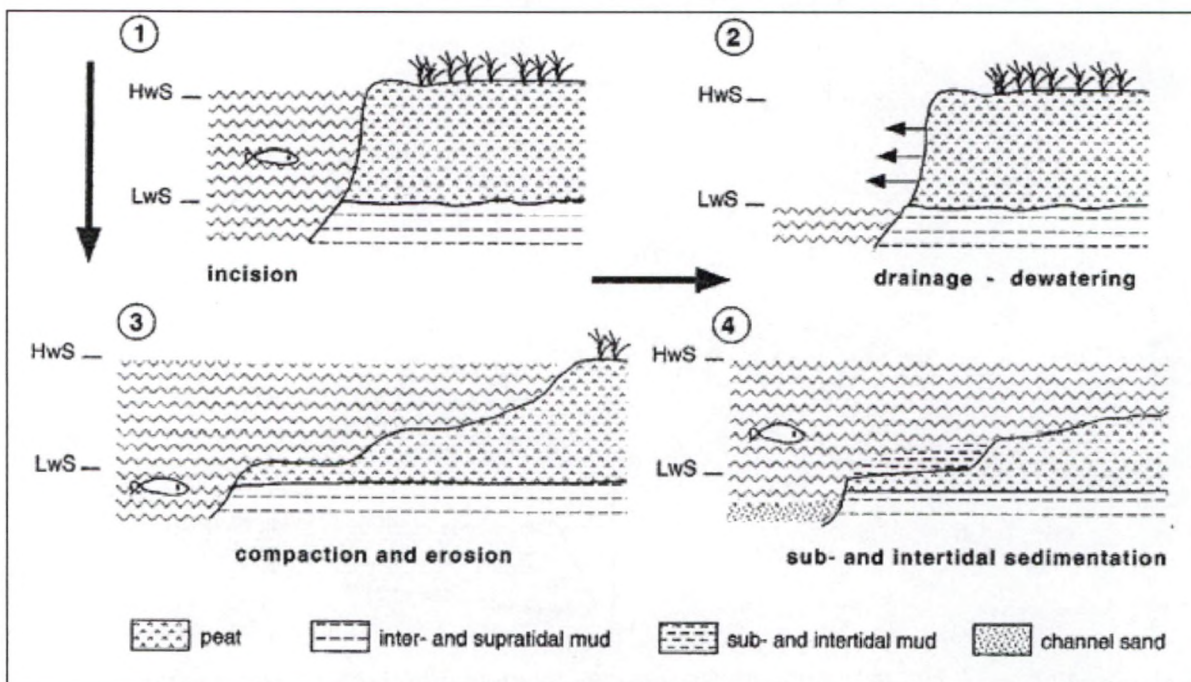
Figuur 2-35: Het mondingsgebied van de IJzergeul (7500 -7000 Jaar geleden)



Figuur 2-37: Het mondingsgebied van de IJzergeul (6800 -6000 Jaar geleden)



Figuur 2-39: Schematische dwarsdoorsneden 5500-ca 1000 jaar geleden (Baeteman, 2004)



Figuur 2-41: Schematische presentatie van het mechanisme van een getijdengeul wat resulteert in de ontwatering van het veen met inklinking tot gevolg. HWS (hoogwaterstand bij springtij); LWS (laagwaterstand bij springtij)

2.1.6. Hydrografie

De Hemmepolder ontwatert via het Geleed. Het Geleed is van oorsprong een binnenlands relict van een kreek, na de inpoldering van de Hemmepolder is het Geleed waarschijnlijk door mensenhand aangepast. Het Geleed dient enkel om het zoet water uit het binnenland af te voeren bij laag tij en te bergen bij hoog tij. (cfr §2.1.7). Om terugspoeling vanuit de Noordzee te vermijden is het Piete Sas gebouwd. Het Geleed is een waterloop van tweede categorie tot 70 meter afwaarts van de Schoolstraat in Lombardsijde. Hier mondt een belangrijke poldergracht uit in de beek die de zone gelegen ten westen van het projectgebied ontwatert. Het Geleed is daarna geklasseerd als een beek van derde categorie over een lengte van bijna 1480 meter. De beek wordt onderhouden door de Technische Dienst Waterlopen van de Provincie West-Vlaanderen, het beperkt zich tot jaarlijks maaien van de oevers.

Een net van drainerende poldergrachten mondt in het Geleed uit. In het projectgebied, zijn de grachten geïnventariseerd door de Universiteit Gent. De totale lengte van de poldergrachten in het projectgebied (Figuur 2-43) is ongeveer 2450 m.

De grachten zijn gerangschikt volgens volgende indeling:

- ondiepe grachten zijn ongeveer 30 cm diep, ze werden tijdens de inventarisatie niet opgemeten;
- grachten zijn tussen 30 en 70 cm diep;
- diepe grachten zijn meer dan 70 cm diep.

De afwatering van het gebied gelegen ten westen van de Schorrestraat wordt ontwatert door een diepe gracht die uitmond in de baangracht van de kustweg ter hoogte van de Wiegestraat (cfr Figuur 2-43)



Figuur 2-43: Waterlopen in projectgebied

Het Piete Sas is een betonnen constructie en wordt gevormd door een handbediende verticale klep van 1.38 m hoog en 1.34 meter breed. De overlooptdremmel van het kunstwerk ligt op 2.65 mTAW. Het sas wordt beheerd door de gemeente Nieuwpoort en de facto bediend door de landbouwer.

Het Geleed tot aan het Piete Sas is 2.1 km lang, de oppervlakte van het stroomgebied bedraagt 250 ha.

Langs de kustweg (N34) loopt een moerriool naar het zuiden die eigendom is van Aquafin. Ter hoogte van de Halvemaanstraat is een overstort gebouwd. Het overstortwater wordt naar het Geleed geleid en kan bijdragen tot een hogere piek in de beek.

2.1.7. Hydrometrie

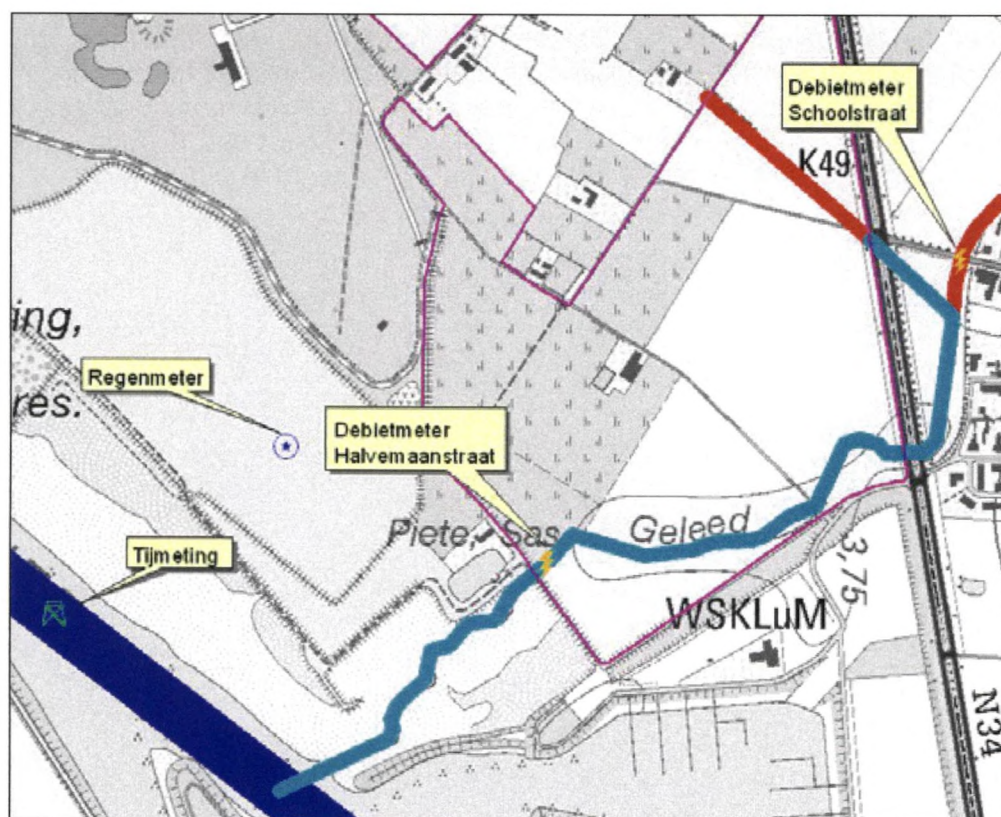
2.1.7.1. Debietmeting en waterstandmeting

Om inzicht te hebben in de afwatering van het gebied en ook bij het opzetten en kalibreren van het hydrologisch en het hydrodynamisch model is het belangrijk dat er een voldoende uitgebreide en consistente set gegevens voorhanden is betreffende neerslag, debiet en waterstanden in het stroom- en modelgebied. Er is een meetcampagne uitgevoerd van 12 februari 2004 tot 1 september 2004.

Gedurende deze meetcampagne zijn een regenmeter en 2 waterstandmeters-debietmeters geplaatst.

Op volgende plaatsen is een meetapparaat geplaatst:

1. ter hoogte van de uitwateringssluis (Halvemaanstraat);
2. aan de brug onder de Schoolstraat (Lombardsijde).
3. een regenmeter



Figuur 2-45: geïnstalleerde meetapparatuur

Aangezien de debietsmeters slechts op een beperkt gedeelte van de dwarsdoorsnede de snelheid meten, aangevuld met een waterstandsmeting, zijn er kalibratiemetingen uitgevoerd om het verband vast te leggen tussen de lokaal gemeten snelheid en de snelheidsverdeling (of sectiegemiddelde stroomsnelheid). Hierbij wordt met name de snelheidsverdeling in de dwarssectie gemeten door over een voldoende aantal vertikalen de puntsnelheid te meten op minimaal 3 punten verspreid over de diepte (afhankelijk van de waterdiepte). Deze methodologie werd toegepast maar de bemeeten snelheden waren gelijk aan nul en hebben niet toegelaten een correcte relatie te vinden tussen de geregistreerde waarden en het reële debiet.

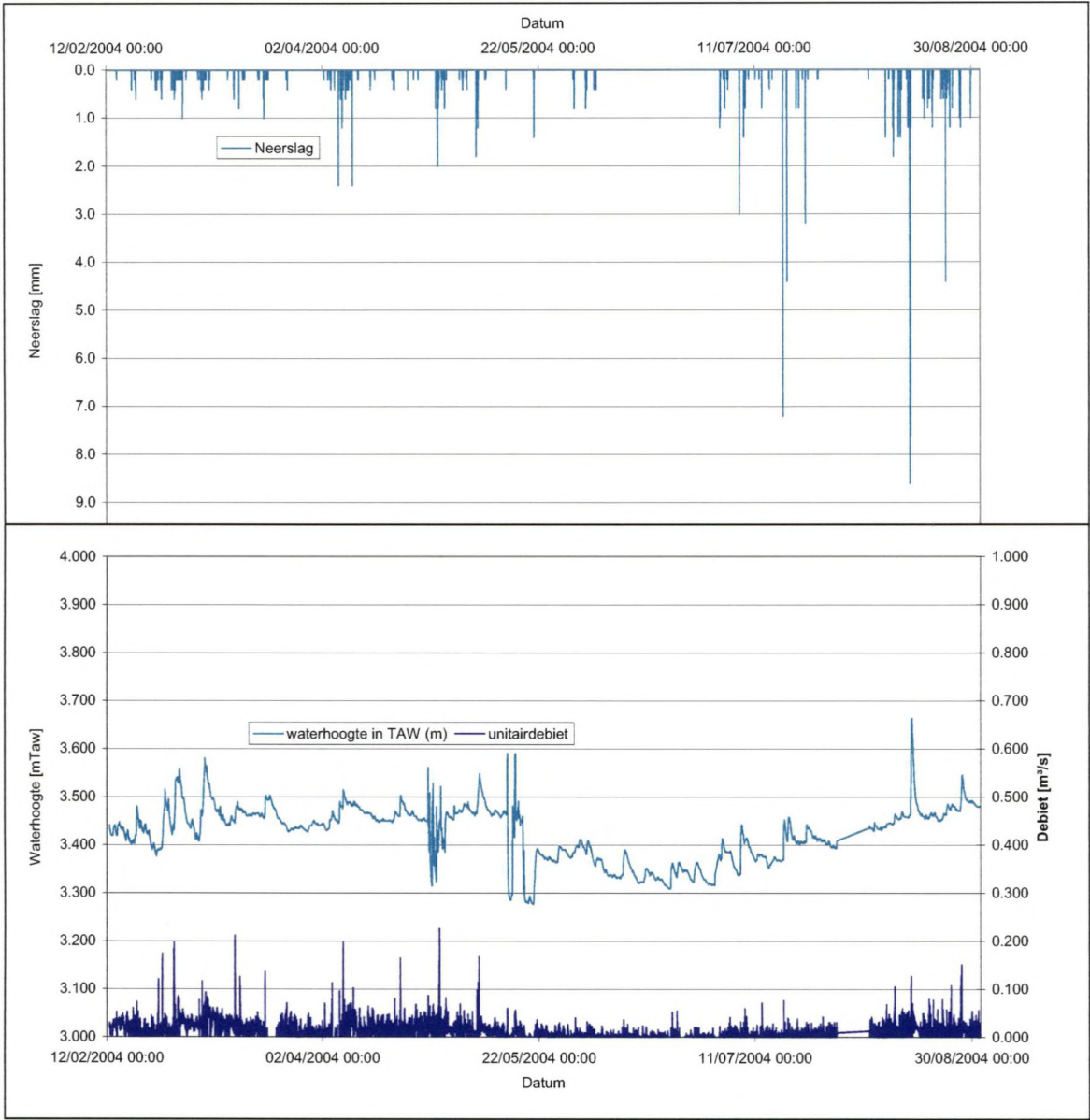
De debieten zijn dus berekend door de gemeten snelheid te vermenigvuldigen met de natte sectie. De debietmeter aan de Schoolstraat is in een vierkante koker geplaatst. We kunnen veronderstellen dat het resulterende debiet een lichte overschatting is van de werkelijkheid.

In de volgende grafiek (Figuur 2-47) zijn de meetgevens (neerslag, waterhoogte en debiet) tijdens de duur van de meetcampagne (periode van 12 februari 2004 t/m 1 september 2004) afgebeeld. In de periode tussen 4 juni en 2 juli is geen neerslag geregistreerd.

Hieruit blijkt dat bij regenval er een veel duidelijkere respons van de waterhoogte is dan van het debiet. De grote schommelingen van de waterstand worden niet veroorzaakt door de bediening van het Piete Sas (zie verder Figuur 2-53: Hydrometrie in het Geleed aan de Schoolstraat) maar door de buffering van het regenwater in de beek.

Het afstromende regenwater wordt gebufferd in de grachten wanneer het Piete Sas gesloten is. Dit is duidelijk zichtbaar bij de grootste gemeten neerslag eind augustus 2004. De gevallen neerslag is bijna 9 mm in 15 minuten. Deze neerslag vertaalt zich in een sterke verhoging van de waterstand. Het debiet volgt deze curve niet. Het grootste aandeel van de neerslag wordt gebufferd in het Geleed en veroorzaakt geen verhoogd debiet.

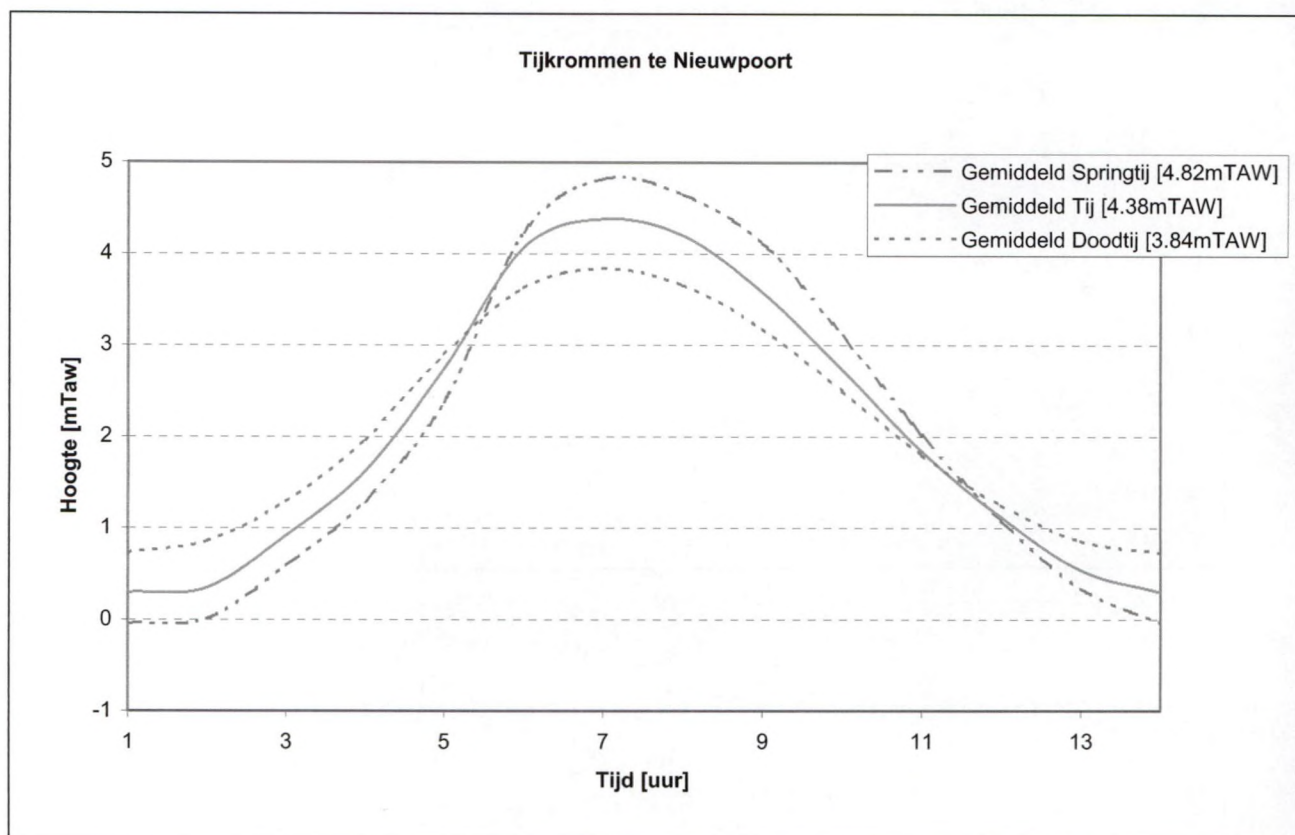
Het getij is bepalend bij het beheer van het Geleed. De drempel van het Piete Sas ligt op 2.65 mTAW, er zou dus twee maal per dag terugstroming moeten zijn vanuit de IJzermonding naar de polder indien er geen constructie was. Het laagste peil van het maaiveld in de Hemmepolder (3.8 mTAW) ligt onder het hoogwaterpeil van het gemiddelde tij in Nieuwpoort (Figuur 2-49). In Tabel 2-5 zijn de uiterst registreerde waarden in de IJzermonding samengevat.



Figuur 2-47: Meetgegevens aan Schoolstraat (112/02/2004-01/09/2004)

Tabel 2-5: extreme waarde in IJzermonding [Fremout, 2002]

| Type | waarde [mTAW] | opmerkingen |
|--------------|---------------|-----------------------------------|
| Stormvloed | 6.14 | geregistreerd op 15 nov 1993 |
| Laagste peil | -1.10 | periode 1971-1980 |
| | -0.95 | geregistreerd op 24 december 1999 |

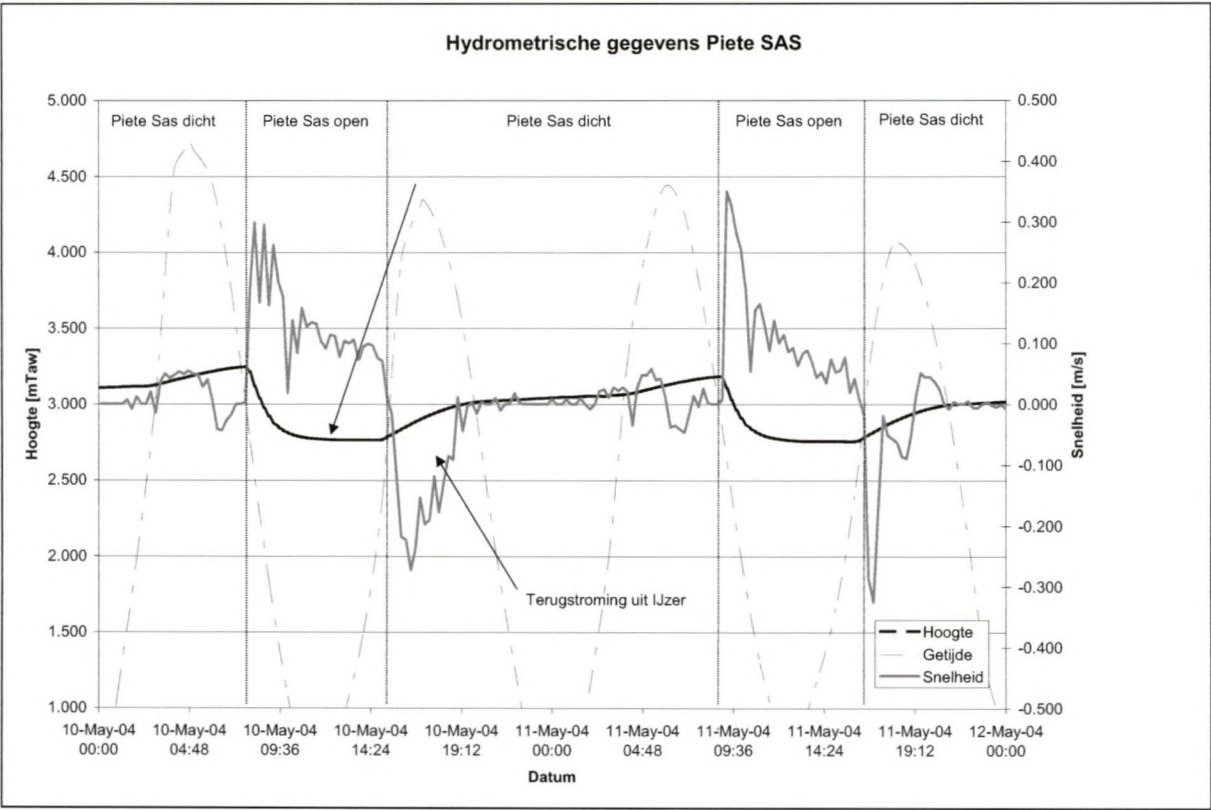


Figuur 2-49: Gemiddelde tijkrommen te Nieuwpoort.

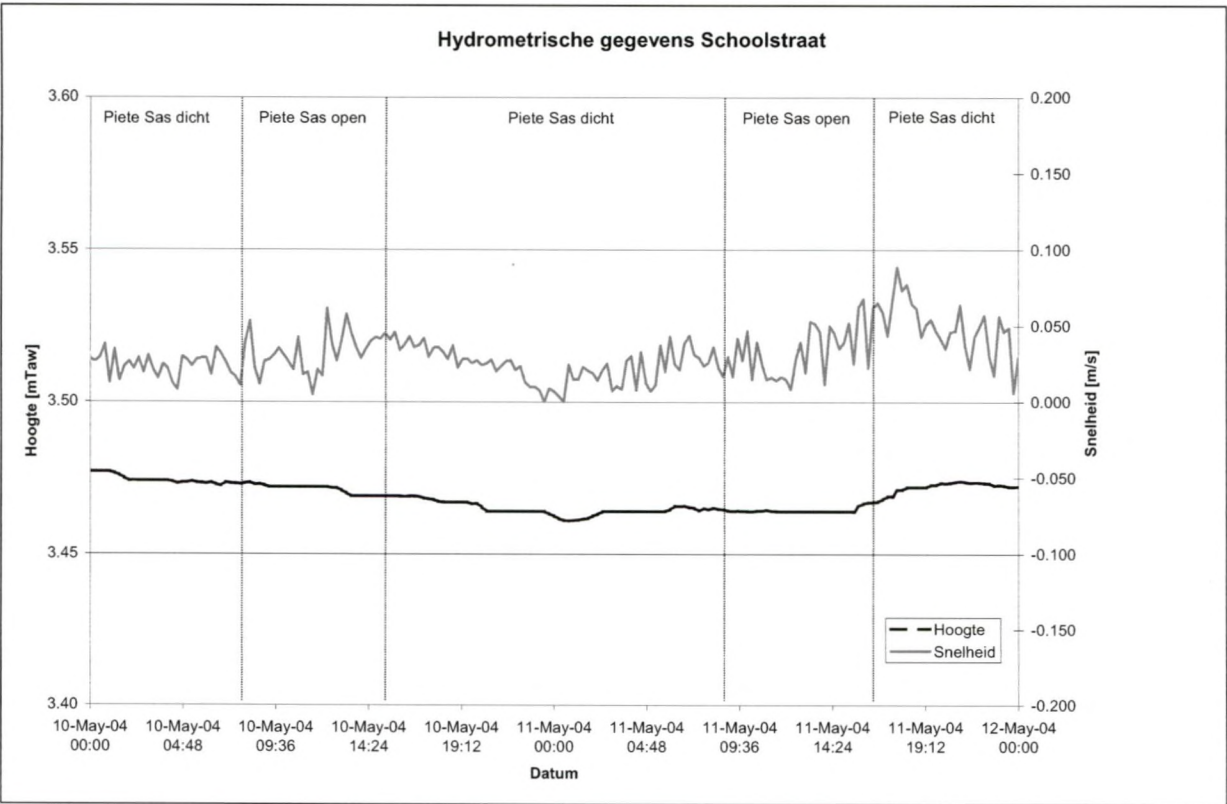
Ter illustratie zijn in Figuur 2-51 de waterstanden en snelheden aan het Pieter Sas weergegeven. De tijgegevens tijdens deze periode zijn eveneens weergegeven.

Uit deze grafiek blijkt dat het Sas 7.5 uur per 24 uur open staat. Het sas wordt na het nachtelijk hoogtij geopend. Dit gebeurde de 10^{de} mei om 7u45. Vlak voor hoog tij, wanneer het water de drempel van het sas bereikt wordt het sas gesloten. Dit gebeurt rond 15 uur. Men constateert dan een terugvloeiing uit de IJzer, er is een gat in de sluis van ongeveer 0.1 m². Wanneer het tij terug daalt blijft het sas gesloten. Het water stijgt tijdens deze periode ongeveer 33 cm. Bij laag tij dat rond middernacht optreedt is het water amper gestegen, het kan deels wegstromen via de opening in de klep. Rond 4 uur is het water bijkomend een vijftal centimeter gestegen. Bij hoogtij dat optreedt rond 5 uur is het water in het Geleed sterker gestegen. Er treedt weer terugstroming uit de IJzer op. Vlak voordat het sas terug geopend wordt is het water in het Geleed 42 cm gestegen.

De externe invloeden op de hoogte en het debiet zijn erg groot. Door het sas te sluiten zijn de snelheden erg klein en is de vertaling van hoogte en debiet erg moeilijk.



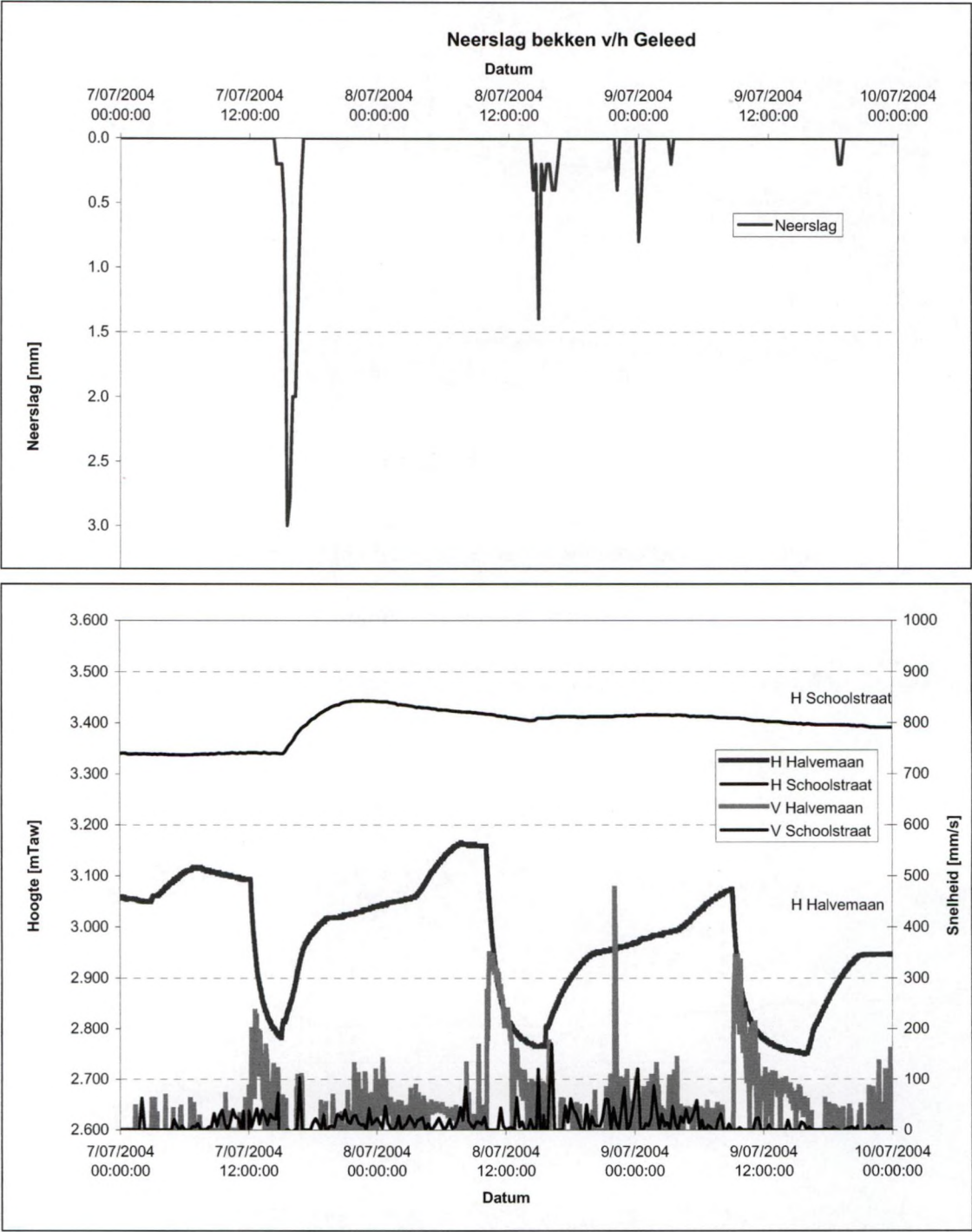
Figuur 2-51: Hydrometrie in het Geleed aan het Piete Sas



Figuur 2-53: Hydrometrie in het Geleed aan de Schoolstraat

Aan de Schoolstraat is tijdens dezelfde periode de invloed van het sas op de waterstand nauwelijks merkbaar. In Figuur 2-53 worden de gemeten snelheden en waterhoogten tussen 10 mei 2004 en 12 mei 2004 afgebeeld.

In Figuur 2-55 is voor de periode tussen 7 en 10 juli 2004 het gedrag van het Geleed weergegeven. Tijdens deze periode is 18.8 mm regen gevallen.



Figuur 2-55: Gedrag van het Geleed in een natte periode

Tijdens deze natte periode heeft het Geleed het gebufferde hemelwater niet totaal kunnen lozen op 7 en 8 juli. Op 9 juli heeft het minder geregend en is de waterstand gedaald tot zijn laagste niveau.

De externe invloeden op de waterhoogte en het debiet zijn erg groot. Door het sas te sluiten zijn de snelheden erg klein en is de vertaling van hoogte en snelheid naar debiet erg moeilijk.

2.1.7.2. Piëzometers

In het projectgebied zijn op 4 en 5 juli 2004 peilbuizen geplaatst met gedifferentieerde filterzetting op de volgende niveaus: 3m en 6m onder maaiveld. De peilbuizen zijn uitgevoerd in PVC van 32 mm buitendiameter (conform de richtlijnen van OVAM). De peilbuizen zijn met een straatpot bovengronds afgewerkt.

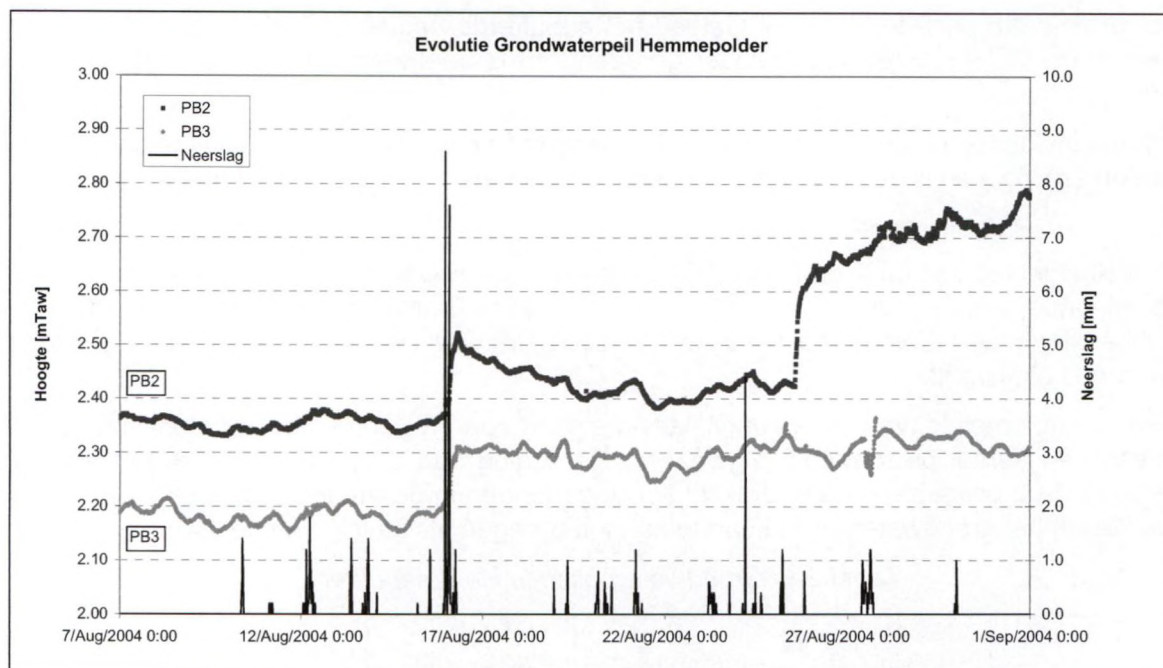
Bij elke controlemeting van de oppervlaktewatersensoren (waterstanden en debieten) werden eveneens een aantal piëzometers afgelezen. De ligging van de peilbuizen is weergegeven in Figuur 2-13. In 2 peilbuizen is een druksensor opgehangen in de maand augustus 2004 teneinde de variaties in het grondwaterpeil in kaart te kunnen brengen als gevolg van de tijwerking.

Tabel 2-6: Grondwaterpeilen in Hemmepolder

| | M1 [09 jul 04] | M2 [18 aug 04] | M3 [30 aug 04] |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | [mTAW] | [mTAW] | [mTAW] |
| PB1 | 2.09 | 2.62 | 2.62 |
| PB2 | 2.24 | 3.14 | 2.46 |
| PB3 | 1.84 | 1.84 | 2.13 |
| PB4 | 2.59 | 2.59 | 2.71 |
| PB5 | 3.15 | 3.15 | 3.30 |
| PB6 | 3.25 | 3.17 | 3.81 ^x |
| PB7 | 2.94 | 2.94 | 3.09 |
| PB8 | 2.89 | 2.89 | 2.94 |
| PB9 | 2.64 | 2.64 | 2.86 |
| PB10 | 3.25 | 3.25 | 3.26 |

^xgeen betrouwbare waarde.

In Tabel 2-6 zijn de meetresultaten weergegeven. Sinds het begin van de meetcampagne is in alle peilbuizen een stijging van het grondwater merkbaar. De peilbuizen die het verst van het Geleed zijn gelegen, vertonen de sterkste stijging.



Figuur 2-57: Evolutie grondwaterpeil tussen 7 en 25 augustus 2004.

De schommelingen in PB3 (onderste lijn) zijn meer uitgesproken dan die van PB2. PB3 is geplaatst in een lichtere bodem. Het grondwater reageert sneller op de tij-invloeden. Tussen 15 augustus 23:00 uur en 16 augustus 07:00 is 36.8 mm neerslag gevallen. Het Piete Sas was gesloten. Deze overvloed aan regen heeft zich vertaald in een significante stijging van het grondwater. Door het drainerende effect van het Geleed is het water in PB2 veel sneller gedaald dan in PB3.

2.1.8. Landgebruik – bodemtype

2.1.8.1. Landgebruik

Het historische overzicht van het landschap is in grote mate gebaseerd op het natuurtechnisch beheersplan voor de duinen van het militair domein 'kwartier kamp Lombardsijde', te Nieuwpoort (Degezelle & Hoffmann, 2002). Veel stellingen berusten op het transgressiemodel van duinkerke dat achterhaald is. Over hoe het landschap er vroeger heeft uitgezien, zijn we erg slecht geïnformeerd. Kaartmateriaal en beschrijvingen zijn zo goed als onbestaand. Aan de hand van oude geschriften en kaartmateriaal hebben historici de recente evoluties grotendeels kunnen reconstrueren. Voor de vroegere periodes zijn we aangewezen op archeologisch, geologisch en paleo-ecologisch onderzoek. Veel archeologische resten zijn echter door metersdikke mariene of eolische sedimenten bedekt waardoor er relatief weinig vondsten bekend zijn. De

- **Neolithicum (ongeveer 4500 vr. Chr.):**

De oudst dateerbare getuigen van menselijke aanwezigheid dateren uit de periode van het Midden-Neolithicum (3500-2500 voor Chr.). In de kustvlakte kwam toen een uitgestrekt veengebied tot ontwikkeling, beschermd tegen de rechtstreekse invloed van de zee door slikke en Schorre. De schaarse getuige, aangetroffen in de havengeul van Nieuwpoort, bestaat uit een losse vondst van een gepolijste bijl.

- **Late IJzertijd (450 vr. Chr. – 50 na Chr.):**

In de IJzertijd, omstreeks 700 – 500 voor Chr., stabiliseert zich een nieuwe, meer zeewaarts gelegen zeereep, gelegen vóór het aldus gevormd schorgebied. Het opgegraven archeologisch materiaal leert ons dat de bevolking leefde van visvangst, veeteelt en zoutwinning.

- **Romeinse periode (0 tot ca. 125 na Chr.):**

De moerassige kuststreek was dun bevolkt. Pas vanaf 70 na Chr. zijn de eerste duidelijke tekenen van romanisatie aan te wijzen. Het is echter vooral na de invallen van de Germaanse volksstam van de Chauci in 172 – 174 na Chr. dat de kustvlakte en meteen ook het duingebied een verhoogde exploitatie kende. Ook in die periode zal de veeteelt (vooral runderteelt) naast de strand- en kustvisserij een belangrijk aandeel hebben in de economische bedrijvigheid van de westkust.

- **Vroege Middeleeuwen (6de – 10de eeuw):**

Vanaf het einde van de 5de eeuw of iets later vermindert de mariene invloed.. De hoogst opgeslibde schorren ('marisci') boden goede mogelijkheden voor schapenteelt en in de duinen vond men veilige nederzittingsplaatsen. Vondsten uit deze periode zijn onder meer bekend van De Panne, Nieuwpoort, Lombardsijde en De Haan/Vlissegem.

De eerste helft van de 10de eeuw werd gekenmerkt door een uitzonderlijke droogte. Hierdoor kwam van op de zandplaten een nieuw duingebied in de vorm van een loopduin tot ontwikkeling, dat in zijn zuidwestmigratie geleidelijk de nog actieve geulen afsloot. Tijdens de Karolingische periode (9de - 10de eeuw) worden de schorren systematisch ingenomen, vooral vanuit de duinen en het zand(leem)gebied..

- **Volle Middeleeuwen (11de – 12de eeuw):**

Tegen de naar het westen en zuidwesten gerichte overstromingen werd een 25 km lange dijk opgeworpen, de Oude Zeedijk, waarmee de belangrijkste geulen werden afgedamd. Daarbij verdwenen grote schorregebieden uit de invloed van de zee waarna ze, aanvankelijk als zilte weiden, in cultuur werden gebracht.

Vanaf het midden van de 11de eeuw daalt de mariene invloed, het estuarium verzandt grotendeels door natuurlijke opslibbing. De zuidrand ervan was reeds afgezoomd door een zandstrook Sandeshoved (1083 - 1093), waaruit Nieuwpoort (1163) zou gesticht worden. Aan de noordzijde van het estuarium ontstond het duinenmassief van Lombardsijde-Westende (het Veld). In het estuarium kronkelde de IJzer om er tussen de twee landtongen een uitweg naar zee te vinden.

Op het einde van de 11de en het begin van de 12de eeuw vormen vooral nederzettingen van veehouders in de duinen de aanzet tot de bestaande bewoningskernen, waarbij het duingebied een belangrijke economische waarde had als weide.

- **Late Middeleeuwen (13de eeuw):**

Een tweede loopduinfase volgde in de eerste helft van de 13de eeuw, waardoor de economische waarde van de duingebieden in belangrijke mate verminderde. Grote stukken duingebied gingen toen over van de graaf naar abdijen (Duinenabdij) en kloosters, in de vorm van schenkingen. Die kwamen tot een betere en gevarieerdere exploitatie, door een meer geduldig en intensief beheer toe te passen. Vanaf de vorming van het tweede loopduin werd de verstuiwing een reëel probleem, waartegen de graaf een reeks preventieve maatregelen (kapverbod, grasverbod of –beperking,...) trof, die regelmatig herhaald of opnieuw beklemtoond werden.

De sterke bevolkingstoename en de hiermee gepaard gaande stijgende vraag naar voedsel, leidde midden 13de eeuw tot het ontstaan van een reeks vissersnederzettingen aan de kustlijn (Nieuwe Yde en Lombardsijde, respectievelijk gelegen aan de linker- en rechteroever van de IJzermonding).

Op het einde van de 13de eeuw werd de benedenloop van het Vloedgat afgedicht door de aanleg van de Groenendijk (linkeroever IJzermonding). Daardoor slibde de geul langzaam maar zeker op. Na de dichtslibbing van het IJzerestuarius werden de huidige zeeduinenvormen gevormd door opwaaiing en fixatie van zeezand op de strandvlakte gelegen vóór de buitenpolders (1400 AD). Op de rechteroever werd de Kreek van Lombardsijde afgedamd en ontstond de Hemmepolder. Deze werken hebben zeer lang geduurd daar een conflict bestond tussen de ontwikkeling van Lombardsijde als vissershaven en de inpoldering voor landbouwdoeleinden.

- **Eind 18de eeuw**

De Kabinetskaart van de Oostenrijkse Nederlanden ('Ferrariskaart') werd opgemaakt tussen 1771 en 1778 door Graaf Joseph de Ferraris, in opdracht van S.A. Royale le Duc Charles Alexandre de Lorraine. (Bijlage 2a). Het was de eerste 'topografische kaart' van België op. Ze werd volledig op het terrein zelf opgenomen en was vooral van militair belang. De oorspronkelijke schaal bedroeg 1/11 250. De heruitgegeven kaarten hebben een schaal van ongeveer 1/25 000. De Ferrariskaart is het oudste document dat een vrij gedetailleerd beeld geeft van het duinlandschap; we mogen dus aannemen dat deze kaart de oorspronkelijke situatie (\pm 1760 – 1780) weerspiegelt.

In deze periode is de bewoning op de duinrand nagenoeg volledig verdwenen; de polderrand tegen het duin toont nu een vrij dense bewoning.

Naar de monding van de IJzer toe grenzen de kustduinen aan een onbegroeide strandvlakte; landinwaarts grenzen ze aan 'moerassige weiden. Dit waren vochtige weiden die hoogstwaarschijnlijk onderhevig waren aan het kwelwater uit het omliggende duingebied. De huidige dijk is op deze kaart goed zichtbaar, er bestaat een groot verschil in landgebruik afwaarts van de dijk (slikken en schorren) en opwaarts van de dijk (agrarisch gebied)

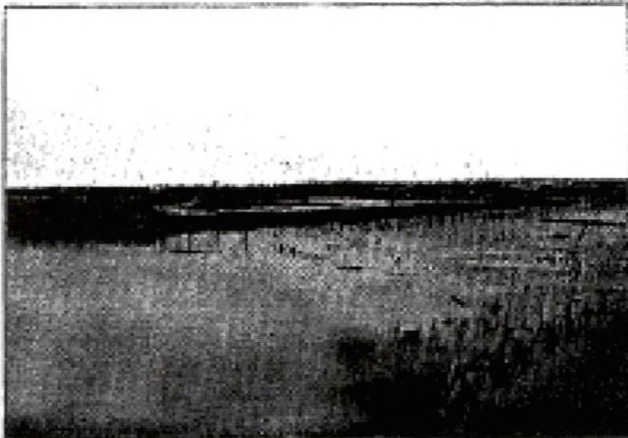
- **19de eeuw**

De kaart van Philippe Vandermaelen (Bijlage 2b), opgesteld tussen 1846 en 1854 geeft een vrij nauwkeurig beeld van de situatie rond het midden van de 19de eeuw. Deze lijkt nog sterk op de situatie aan het einde van de 18de eeuw. Slikken en schorren kwamen zowel langs de linker- als de rechteroever van de IJzermonding voor, en kwamen in contact met het vrijwel onbebouwde reliëfrijke duinengebied van Nieuwpoort en Lombardsijde. Tussen het noordelijk deel van de schorren, de rechteroever van de IJzer en de duinengordel van Lombardsijde strekte zich een vrij brede strandvlakte uit, die slechts periodiek overstroomd werd (Wery, 1908). Op de overgang van die strandvlakte en het duinengebied lag een ongeplaveid pad, dat vanaf de dijk (Piete Sas) bij de Kreek van Lombardsijde naar de Noordzee liep en de Hemmepolder afschermd van de IJzer. Door de aanwezigheid van brede contactzones tussen schorre, duin, strand en polder, had het gebied een grote ecologische waarde. In de Hemmepolder zijn de eerste gebouwen zichtbaar

- **Rond de eeuwwisseling (eind 19de – begin 20ste eeuw)**

De topografische kaart van rond 1860 (Dépôt de la Guerre, Bijlage 2c) toont nog een slikken- en schorrengebied langs de rechteroever. Het slikken schorrengebied langs de rechteroever sluit aan op het duingebied. In de Hemmepolder is de huidige hoeve reeds gebouwd. De wegenis is onverhard. Het Geleed volgt dezelfde loop als vandaag. In 1912 is de Hemmepolder lichtjes geëvolueerd, de Alexisweg en de Wiegestraat zijn reeds aanwezig. Er loopt een pad vanaf de Hoeve (Alexisstraat) tot de Wiegestraat. Tussen de Schorrestraat en de Lage Duinenstraat zijn

kleine percelen aanwezig. Tijdens de eerste wereldoorlog zoals wordt geïllustreerd op Figuur 2-61 is de Hemmepolder deels onder water gezet door de Franse verdediging die zich op de huidige Halvemaandijk gevestigd had. Het is echter niet duidelijk of de overstroming veroorzaakt is door zoet water of door zout water. In Figuur 2-59 is het overstroomde landschap waarneembaar. Deze oude foto is genomen vanuit de verdedigingslinie van de geallieerden.



Figuur 2-59: overstroomd landschap tijdens eerste wereldoorlog (Bron Thys, 1922)



Figuur 2-61: inundatie van de Hemmepolder in het zwart, de natte slikke in de kreek van Lombarsijde is in het wit op deze reproductie (bron:Thys, 1922)

De percellering in de Hemmepolder is klein, kleine grachtjes of diepe voren moet het oppervlaktewater afvoeren. Gebouwen vallen amper te onderscheiden, het is niet duidelijk of de Hoeve langs de Alexisweg aanwezig is. Figuur 2-59 geeft de aanwezigheid van duinakkertjes met

de typerende kleine houtkanten niet aan. Ter hoogte van de duin-polder overgang, is er eerder sprake van een open landschap dat aansluit bij de Hemmepolder strictu sensu.

In het interbellum is de kustweg (N34) aangelegd.

- **Jaren vijftig en zestig en zeventig**

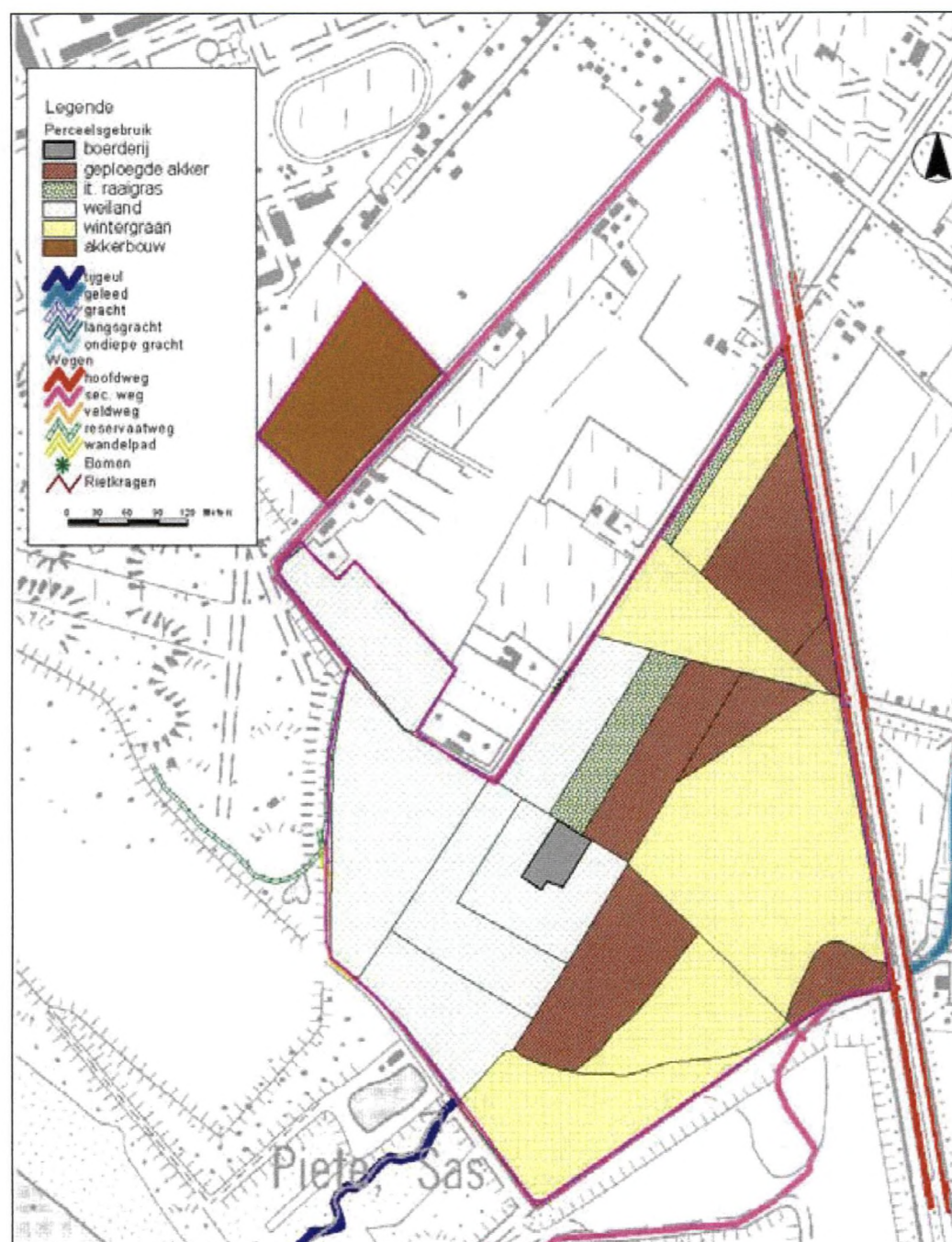
Op de topografische kaart van 1969 (Bijlage 2d) wordt het noordwestelijke gebied tussen de Hoeve en de dijk gebruikt als weiland, dit is vandaag nog steeds het geval. Op de kaart zijn de poldergrachten goed te zien. Ze vormen de basis van het hedendaagse poldernetwerk in de Hemmepolder.

In de jaren zestig is de uitbreiding van de woonzone rond het projectgebied de belangrijkste landschappelijke ingreep.

In 1971 begon men met de bouw van de nieuwe jachthaven "Novus Portus", waarbij een groot gedeelte van de schorren ten zuiden van de Kreek van Lombardsijde verdween. Ook was er in de jaren zeventig sprake van de inplanting van een grootschalig recreatiepark in de onmiddellijke omgeving, maar dit project werd verhinderd.

- **Huidig landgebruik (2004)**

De Hemmepolder is agrarisch gebied. In Figuur 2-63 wordt het landgebruik in detail weergegeven. In het projectgebied is één enkele Hoeve. Ze is gelegen langs de Alexisstraat. Rond deze Hoeve zijn de percelen als weiland ingericht. Verder van de Hoeve worden de percelen gebruikt voor de teelt van koren of van maïs.



Figuur 2-63: Landgebruik in Hemmepolder (maart 2004)

2.1.8.2. Bodemtype

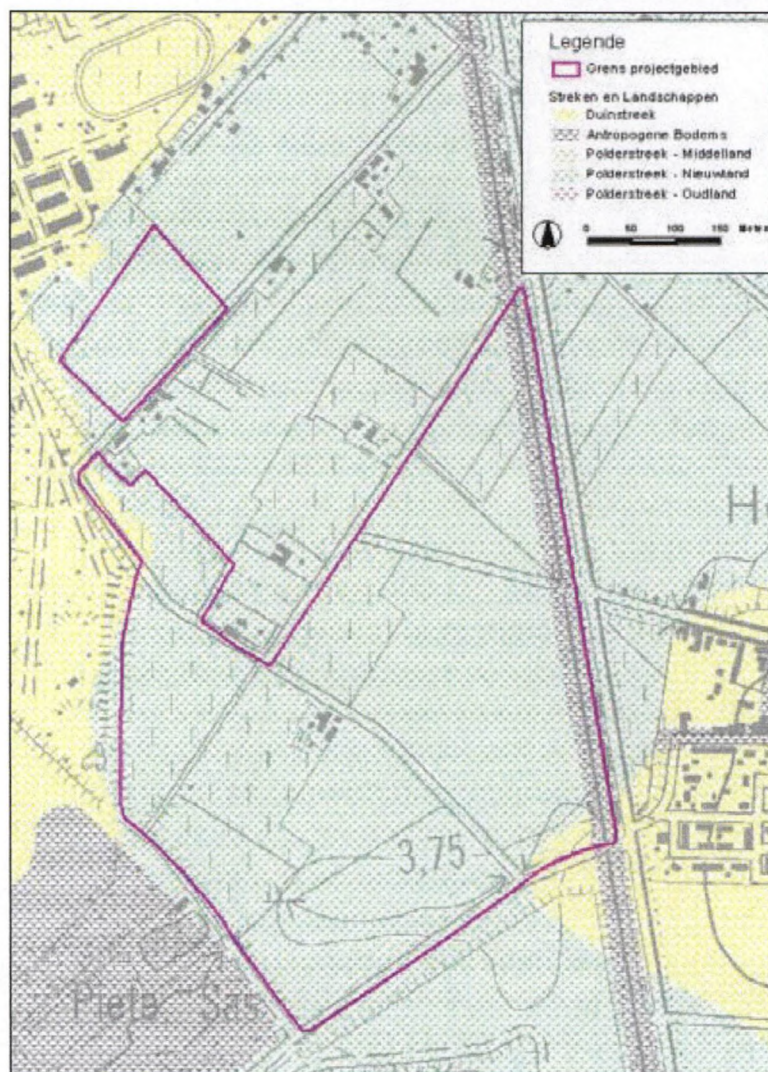
2.1.8.2.1 Algemeen

Volgens de bodemkaart van België (Moormann et al. 1951) behoort de landoppervlakte rond Nieuwpoort tot twee natuurlijke streken: de duinstreek en de polderstreek.

De duinstreek bestaat in hoofdzaak uit jong duinzand en vertoont een betrekkelijk sterk golvend reliëf. Aan de zeezijde komen duinen voor die tot 20mTAW reiken. De kustduinen ter hoogte van nieuwpoort zijn rond 1400 AD.

De Polderstreek bestaat voornamelijk uit jonge zeeaanlibbingen. Dit gebied heeft een lage ligging en vertoont geringe hoogteverschillen. De Polderstreek wordt onderverdeeld in 3 landschappen; het Nieuwland, het Middelland en het Oudland. De geomorfologische basis waarop deze landschappen zijn onderverdeeld is gebaseerd op het Duinkerke transgressie model dat intussen achterhaald is. (Baeteman et al 2002, 2004).

In Figuur 2-65 zijn de verschillende natuurlijke streken en landschappen zoals beschreven in de verklarende tekst van de bodemkaart van België (Moorman et al., 1951) afgebeeld.



Figuur 2-65: natuurlijke streken en landschappen

2.1.8.2.2 Bodems in de Hemmepolder

In Figuur 2-67 zijn de bodems afgebeeld die in de Hemmepolder en naaste omgeving te vinden zijn. De betekenis van de code van deze bodems wijzigt volgens men zich in de duinstreek of de

polderstreek bevindt. In Tabel 2-7 zijn alle type gronden opgelijst die in Figuur 2-67 terug te vinden zijn.

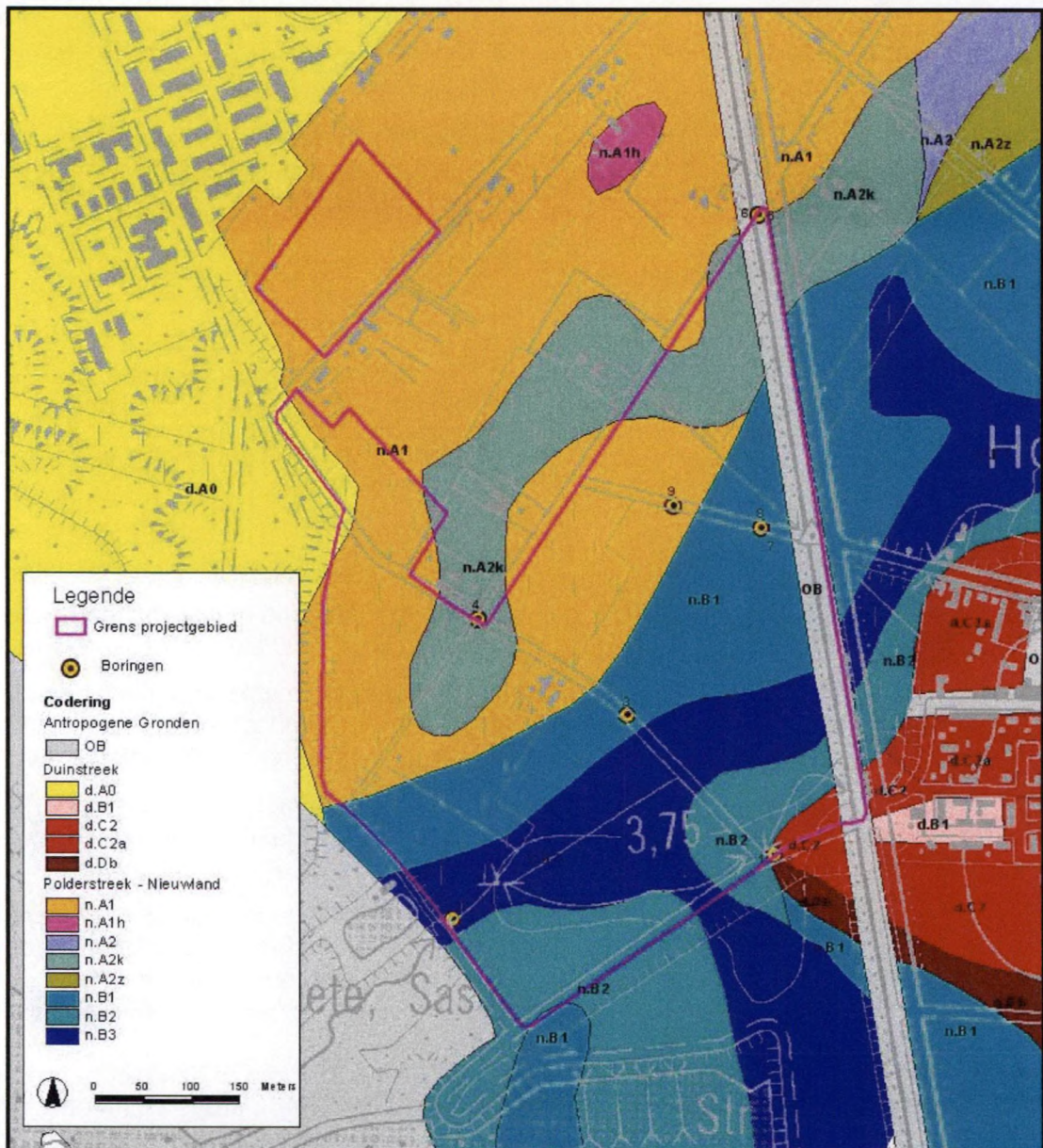
Tabel 2-7: Codering van de bodems volgens de Bodemkaart van België.

| Bodemcode | beschrijving |
|-------------------------|---|
| OB | Antropogene grond |
| Duinstreek | |
| d.A0 | Hoge kustduin al dan niet gefixeerd. |
| d.B1 | Droge duingrond |
| d.C2 | Middelmatig vochtig geëgaliseerde duingrond |
| d.C2a | Middelmatig vochtig geëgaliseerde duingrond, kunstmatig aangerijkt met humus |
| d.Db | Overgangsgronden, slibhouden zand, op variërende diepte doorgaans rustend op polderafzettingen. |
| Polderstreek -Nieuwland | |
| n.A1 | Strandruggegrond bestaande uit zand over meer dan 100 cm met een droog profiel. |
| n.A1h | Strandruggegrond bestaande uit zand over meer dan 100 cm met een vochtig profiel. |
| n.A2 | Strandruggegrond met slibhoudend zand over meer dan 100 cm. |
| n.A2k | Strandruggegrond met slibhoudend zand tussen 60 en 100 cm diepte overgaand tot klei |
| n.A2z | Strandruggegrond met slibhoudend zand tussen 60 en 100 cm diepte overgaand tot zand |
| n.B1 | Schorgronden met klei op minder dan 60 cm diepte overgaand tot lichter materiaal (lichte klei, naar zavel en zand op minder dan 100 cm) |
| n.B2 | Schorgronden met klei op tussen 60 cm en 100 cm diepte overgaand tot lichter materiaal (lichte klei tot zavel) |
| n.B3 | Schorgronden bestaande uit homogene zware klei over meer dan 100 cm. Op meer dan 100 cm diepte worden ze dikwijls lichter. |

Rond de Hemmepolder vindt men ten westen de d.A0 serie. Het zijn al dan niet gefixeerde hoge duinen. Langst de oostzijde vindt men ook duingronden. De d.B1 is droge duingrond, de d.B2 is middelmatig vochtige duingrond en de d.C-serie zijn geëgaliseerde duingronden, men vindt deze terug ter hoogte van Lombardsijde. Deze bodems liggen topografisch steeds hoger dan de poldergronden.

In het projectgebied Hemmepolder zijn de oppervlaktelagen enkel gevormd door de jongere aanslibbingen van het IJzerestuarius (Nieuwland). De topografisch laagst gelegen bodems liggen rond het Geleed. Het zijn Schorgronden (n.B-serie). De n.B3 profielen bestaan uit homogene, zware jonge klei. Op meer dan 100 cm worden ze dikwijls duidelijk lichter. (Boorprofiel PB10 in Bijlage 1).

De n.B2 schorgrond bestaat uit klei tussen 60 en 100 cm diepte overgaand tot lichter materiaal. Het licht materiaal is bleekgrijs tot geelgrijs. Het bestaat uit lichte klei tot zavel. PB 1 en 2 (boorprofiel in Bijlage 1) zijn ze eerder van het d.C2 type: middelmatig vochtig geëgaliseerde duingrond). PB3, PB7 en PB8 zijn in een B1-Schorregrond geboord. Klei is te vinden op minder dan 60 cm diepte overgaand tot lichter materiaal. In sommige gevallen is de klei vermengd met duinzand.

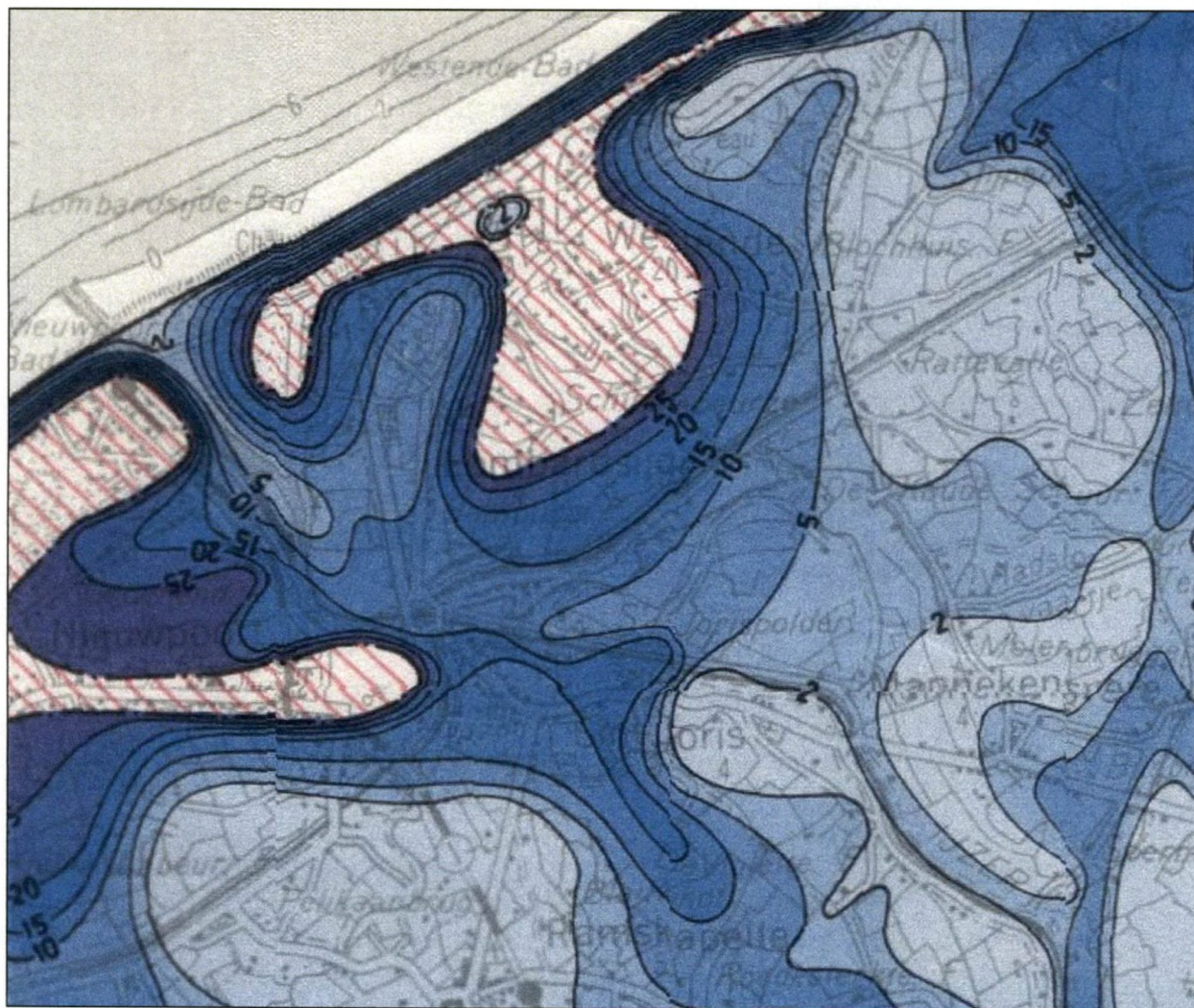


Figuur 2-67: Uittreksel uit de gedigitaliseerde Bodemkaart van België

De rest van het projectgebied zijn kreekruiggronden. De n.A1 bodems bestaan uit zand over meer dan 100 cm diepte (PB9). In de Hemmepolder zijn doorgaans humeus omdat ze reeds lange tijd worden bemest met organisch materiaal. De n.A2k-serie bestaan uit slibhoudend zand, in de diepte overgaand tot klei. De A2k gronden worden soms ook beschouwd als overstoven schorgronden.

Onderstaand wordt ter illustratie eveneens de zoet/zout contactkaart getoond, die de basis vormt voor een eerste inschatting van de saliniteit in het grondwater en een richtsnoer zal zijn bij de aflijning van het gebied dat dient gemodelleerd te worden inzake grondwater.

Volgens de zout-zoetwater contactkaart (Figuur 2-69) situeert het contactgebied tussen zoet en zout water in de Hemmepolder zich tussen 5 en 10 meter onder het maaiveld. Geleidsbaarheidsmetingen uitgevoerd in augustus 2004 hebben aangetoond dat het ondiep grondwater een grotere geleidbaarheid vertoonde dan het water op 6 meter onder het maaiveld ($1767 \mu\text{S}/\text{cm}$ resp. $948 \mu\text{S}/\text{cm}$). Deze hogere geleidbaarheid heeft echter niets te maken met intrusie van zout grondwater, de waarde van de geleidbaarheid is te laag. Deze twee metingen tonen aan dat de bemonstering in een zoetwaterlichaam heeft plaatsgevonden. Het raakvlak zoet-zout ligt dus dieper dan 6 meter onder het maaiveld.



Figuur 2-69: Kleinschalige zout-zoetwater contactkaart (De Breuck et al. 1974); de isohypsen duiden de diepte aan van het scheidingsvlak tussen het zoetwater en het zoutwater

2.1.9. Waterkwaliteit

In het kader van de monitoring Natuurherstel IJzermonding is een omvattende inventarisatie gemaakt van de bestaande kwaliteitsgegevens van het IJzerwater. De gegevens bleken zeer schaars te zijn.

2.1.9.1. *Sedimentkarakteristieken*

Volgens het IHE-BMM rapport "Ecologische impact van de baggerspecielossingen voor de Belgische Kust" is de bodemsamenstelling van de kust van Nieuwpoort fijn zand (>85% zand, d 125-250µm).⁴

De metingen uitgevoerd door de Beheerseenheid van het Mathematisch Model (BMM) geven waarden aan variërend tussen 6 mg/l en 200 mg/l. Eurosense NV heeft op 10 juli 1991 15 mg/l bij eb en 200 mg/l bij het turbiditeitsmaximum gemeten.

In het rapport "Ecologisch streefbeeld en natuurherstelplan voor het integraal kustreservaat "De IJzermonding" te Nieuwpoort-Lombardsijde met civiel-technische realisatiemogelijkheden" (Hoffmann et al., 1996) worden deze metingen getoetst aan de jaarlijkse baggerhoeveelheden. Volgens de (ruwe) berekening zou de gemiddelde slibconcentratie 100 mg/l bedragen.

Dergelijke hoge waarden werden in het kader van Monitoring Natuurherstel IJzermonding (MONAY – Toorman et al., 2004) zelden gemeten zelfs wanneer de baggerhoeveelheden na 1996 ongeveer gehalveerd zijn. Volgens de auteurs van het MONAY-rapport zijn er echter vermoedens dat er een vloeibare sliblaag aanwezig is.

Metingen in het kader van dit project geven nieuwe SPM ('suspended particulate matter') waarden. Deze werden bekomen door de KULeuven door filtratie en weging van waterstalen in een Niskin-fles vanaf een bootje. Voor de augustus-metingen van 2001 (24 en 27 augustus 2001) werden waarden gevonden tussen 20 en 70 mg/l.

Tijdens de meetcampagne van maart 2003, werden monsters genomen op 1 meter onder het wateroppervlakte en 1 meter van de bodem. De gemeten concentraties variëren van 20 tot 140 mg/l met een gemiddelde van 30 mg/l op 1 meter van het oppervlak en 40 mg/l op 1 meter van de bodem. De concentraties zakken tot 20 mg/l bij doodtij. Concentratiegradiënten zijn op het eerste zicht klein.

Om beter inzicht te verkrijgen in het sedimentbudget van de IJzermonding werd in het kader van het MONAY-project informatie verzameld over de onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul en haven. Deze onderhoudsbaggerwerken worden uitgevoerd door Dredging International (DEME-groep) in opdracht van de Afdeling Waterwegen en Kust (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen).

Er wordt jaarlijks gebaggerd tussen december en april, het ene jaar licht onderhoud, voldoende voor de jachthaven, het volgende jaar grondig onderhoud, waarbij een overdiepte wordt gecreëerd, momenteel ca. 250 000 m³/jaar.

Sinds 2001 wordt een meter dieper gebaggerd, omwille van de vereiste diepgang voor het ander type baggerboot (sleephopper, voorheen cutterzuiger) dat de vaargeul uitbaggelt, vanwege de nieuwe milieunorm die verbiedt het sediment nog langer in zee te storten (voorheen werd de baggerspecie ter hoogte van de laagwaterlijn in zee gespoten, via een pijpleiding). Dit resulteert in een nieuwe toename van de hoeveelheid gebaggerde specie in de havengeul.

⁴ Hoffmann et al, 1996

Aangezien opwaarts de haven de natuurlijke instroom van rivierwater wordt gestuurd d.m.v. een sluizencomplex dat verhindert dat de achterliggende polders bij hoog water onderlopen, bezinken de natuurlijk aangevoerde terrestrische sedimenten in de wachtkommen voor de sluizen. Sedimentinstroom van landzijde in het mondingsgebied is dan ook verwaarloosbaar.

Op basis van de gebaggerde hoeveelheid kan men een schatting maken van de overeenkomstige hoeveelheid erosie van het intergetijdengebied, onder de hypothese dat al het gebaggerd materiaal hiervandaan afkomstig zou zijn. De auteurs van MONAY gaan uit van de hypothese dat de densiteit van de baggerspecie 1200 kg/m^3 bedraagt (een typische waarde voor kleigedomineerde specie) en die van het slikoppervlak 1500 kg/m^3 . Dit komt overeen met drogestofgehaltes van respectievelijk 12 en 24% (of 320 en 800 kg/m^3 , voor een sedimentkorreldensiteit van 2650 kg/m^3). Het oppervlak van het slik bedraagt ongeveer 20 ha. Een gebaggerde hoeveelheid slib van 250 000 m³ komt dan overeen met een laagdikte van ca. 0.4 m op het slik. Dit klopt dus helemaal niet met de realiteit. Bijgevolg moet het grootste deel van het slib afkomstig zijn vanuit zee.

2.2. Ecologische inventarisatie

Hoewel het studiegebied grotendeels uit akkerland bestaat, zijn toch relictten van natuurwaarden (voor zover het flora en vegetatie betreft) te verwachten, zeker op de zandige overgangsgroonden tussen duin en polder in het westen.

2.2.1. Flora

De inventarisatie wees echter uit dat de huidige botanische en vegetatiekundige natuurwaarden van het gebied eerder gering zijn. Een overzicht van de tijdens een eenmalige inventarisatie aangetroffen plantensoorten is terug te vinden in Bijlage 3.

Het betreft hier grotendeels eurytope en dus ecologisch weinig kieskeurige plantensoorten van sterk gestoorde ruderaal terreinen. Het gemiddelde stikstofgetal (een zeer globale indicatie van de voedselbehoefte van de flora) bedraagt 5,9, wat te omschrijven is als een flora van matig voedselrijke tot voedselrijke standplaatsen. De zuurindicatiewaarde ($R=6,6$) wijst op een vrij neutraal substraat. Merendeels betreft het ook afreatofyten, grondwater-onafhankelijke plantensoorten. Het gemiddeld vochtgetal van de hele flora bedraagt 5,0. Belangrijke uitzondering hierop is ondermeer *Phragmites australis* (Riet), dat algemeen langs grachten en langs het Geleed de oevers inneemt.

De habitat 'duinwei' (cfr Bijlage 3, figuur a), die zich in het westen van het studiegebied bevindt en die gelegen is op oude strandruggronden, herbergt nog de meest waardevolle flora (ondermeer *Cerastium arvense*, *Galium verum*, *Arenaria serpyllifolia*, *Myosotis ramosissima*), die potentie voor soortenrijk duingrasland verraadt.

Het hele gebied blijft verstoken van zoutindicatoren of zouttoleranten, tenzij *Cochlearia danica* (Deens lepelblad) en de klaversoort *Trifolium fragiferum* (Aardbeiklaver). De laatste werd in april 2004 echter niet meer waargenomen.

2.2.2. Natuurtypen, vegetatie

De momenteel voorkomende vegetaties in bermen, weiden en akkers zijn moeilijk te classificeren in het nog in ontwikkeling zijnde natuurtypensysteem. De wegbermen behoren tot het Glanshaververbond, waarbij het (sporadische) voorkomen van Pastinaak wijst op het polderkarakter (Zwaenepoel et al., 2002: 320); dit verbond van mesofiele omstandigheden (ondiep grondwater in de winter, tot diep zakkende grondwatertafel in de zomer, brede voedsel- en bodemtextuuramplitude) kan zeer soortenrijk zijn maar heeft in de Hemmelolder eerder een soortenarm karakter.

De polderweiden zijn bemeste cultuurgraslanden, die geen duidelijk differentiërende soorten herbergen (het vroegere zgn. Poo-Lolietum, tegenwoordig veelal gesitueerd in het Lolio-Cynosuretum). Bij vershraling en niet te intensief graasbeheer kunnen dergelijke graslanden evolueren naar soortenrijke graslandtypes. Ze zijn meestal grondwateronafhankelijk. Er zijn weinig soorten die duiden op Lolio-Potentillion, tenzij Fioringras. Indicatoren van zilte graslanden (kenmerkend voor veel van de middenkust- en oostkustpolders), bvb. het voor zilte polderweiden zo karakteristieke Veldgerst ontbreken volledig. Veel van deze soorten zijn wel aanwezig in het aangrenzende intertidale gebied van de IJzermonding.

Tussen de weiden, akkers en veel bereden bermen komen pioniersgemeenschappen voor, die te klasseren zijn als "Antropogene tredplantengemeenschappen op voedselrijke bodems met Varkensgras en Liggend vetmuur" (type F1 in De Fré & Hoffmann, 2004)

De in het westen gelegen graslanden op strandruggronden zijn grotendeels te klasseren als soortenarm Lolio-Cynosuretum en vertonen weinig floristisch verschil met de polderweiden. Aan de uiterste noordrand van deze weiden komen echter duingraslandachtige relictten voor, die met

enige verbeeldingskracht te klasseren zijn als *Festuco-Galietum veri*, dat onder het Verbond van Gewoon struisgras ressorteert (Zwaenepoel et al., 2002: 155, 163).

De oevervegetaties langs het Geleed en de grachten is, gelet op de dominantie van Riet, onder te brengen in de Riet-klasse; deze wordt in de systematiek van natuurtypen besproken als rietmoeras, maar deze "term" is uiteraard niet van toepassing op de in de Hemmepolder aanwezige rietkragen, die op mineraal, periodiek behoorlijk uitdrogend substraat groeien.

Alle momenteel voorkomende natuurtypen, tenzij de rietkragen, zijn min of meer grondwater-onafhankelijk.

Avifaunistische gegevens worden geput uit de gegevens van wad en watervogels en (bijzondere) broedvogels op het Instituut voor Natuurbehoud, vogelwaarnemingen gebeuren sowieso in een langlopend project omtrent wad- en watervogeltellingen op het IN en kunnen geïncorporeerd worden in deze studie. Eventuele aanvullende faunistische gegevens worden bijeengebracht uit literatuurbronnen. Relevante gegevens van omringende gebieden voor de mogelijkheden voor natuurontwikkeling in het studiegebied, met name de Kreek van Lombardsijde en het verdere IJzerestuarium, worden bijeengebracht. Hiervoor kunnen onder meer de gegevens verzameld in het kader van het project "Monitoring Natuurontwikkeling IJzermonding" (MONAY) gebruikt worden.

2.2.3. Fauna

Navraag bij verschillende databanken op het Instituut voor Natuurbehoud, doet vermoeden dat er geen specifieke faunagegevens voor het studiegebied voorhanden zijn, tenzij voor de avifauna. Deze gegevens werden ter beschikking gesteld door Koen Devos.

2.2.3.1. Avifauna

De avifaunistische waarde van de Hemmepolder Is momenteel zeer beperkt. Als broedvogels komen voor: Kievit (5-10 paren op de akkers, afhankelijk van de teeltkeuze), Scholekster (regelmatig 1 paar op akkers), Bergeend (1-2 paren), Wilde Eend en Waterhoen (geen aantallen bekend). Ook buiten het broedseizoen is het gebied van weinig avifaunistische betekenis. Daar waar het gebied vroeger soms als hoogwatervluchtplaats (HVP) werd gebruikt door ondermeer Bonte Strandloper en Bontbekplevier, is dit sinds natuurherstelproject van het aangrenzende integraal kustreservaat de IJzermonding niet meer het geval; aldaar is in het schor- en duingebied momenteel voldoende ruimte beschikbaar. Wel zijn af en toe enkele honderden kieviten en/of goudplevieren aanwezig op de akkers en foerageren er tot enkele tientallen scholeksters op de graslandjes (vooral bij hoog water). Langs Het Geleed komen regelmatig enkele tientallen rustende en/of foeragerende wilde eenden en enkele bergeenden voor.

2.2.3.2. Benthos en invertebraten

Navraag bij de faunistische databanken op het Instituut voor Natuurbehoud en gespecialiseerde instellingen inzake invertebraten en benthische organismen (Universiteit Gent, Vakgroep Biologie, Sectie Mariene Biologie; Koninklijk Belgische Instituut voor Natuurwetenschappen; Nederlands Instituut voor Oecologische Onderzoek-Centrum voor Estuariene en Mariene Oecologie) leverde geen gegevens op over deze fauna-elementen. We vermoeden dan ook dat over deze organismegroepen geen concrete gegevens over het studiegebied voorhanden zijn.

2.3. Inventarisatie infrastructuur

Met het oog op de afbraak van de bestaande infrastructuur is een onderscheid gemaakt tussen de wegenis, de gebouwen, de ondergrondse en bovengrondse leidingen in het gebied en de waterbouwkundige infrastructuur.

Met betrekking tot de afbraak van de wegen is een totaal van 6 kernboringen in de polderwegen en 2 kernboringen in de Halvemaansdijk gerealiseerd, teneinde inzicht te verwerven in de opbouw van de bedding (wegenis) en het dijklichaam.

Voor de gebouwen is naast een inventaris van de betrokken kadastrale percelen een opmeting van de af te breken volumes voorzien. Er dient een inventaris opgemaakt te worden van potentiële vervuiliingsbronnen (stookolie, asbest,...) teneinde te kunnen definiëren of een milieu-onderzoek noodzakelijk is. Dit is nog niet gerealiseerd. Er is beslist dat dit in een latere fase van het project kan gebeuren.

Er zijn in het totaal 8 kernboringen gerealiseerd, in de Wiegestraat en de Schorrestraat verandert de opbouw van de wegzate niet. De eerste 15 cm bestaat uit een asfaltverharding. De fundering bestaat uit 40 cm steenslag. De wegzate van de Alexisstraat heeft de volgende samenstelling: de bovenste 12 cm is asfaltverharding die rust op 55 cm puin (steenslag). De samenstelling van de bovenste laag van de Halvemaandijk bestaat uit 15 cm asfaltverharding rustend op 60 cm steenslag. De onverharde weg is opgebouwd op 80 cm steenslag.

In de Hemmepolder zijn geen ondergrondse kabels aanwezig. Elektriciteit wordt bovengronds aangevoerd.

In onderstaande Tabel 2-8 is een totale inventarisatie opgenomen van de aanwezige infrastructuur in het projectgebied.

Tabel 2-8: inventarisatie infrastructuur in Hemmepolder

| OBJECTEN | AANTAL [stukken] | LENGTE [m] |
|----------------------------|------------------|------------|
| struikgewas | 2 | - |
| allenstaande boom | 6 | - |
| Afsluiting | - | 1923.3 |
| uitloop buis | 2 | - |
| reflectoren op paaltjes | 18 | - |
| boordstenen | - | 176.5 |
| wegaanwijzers | 12 | - |
| verkeerstekens | 42 | - |
| plaatsnaamborden | 14 | - |
| panelen | 2 | - |
| palen | 36 | - |
| palen openbare verlichting | 24 | - |
| waterstraatkoppen | 4 | - |
| rioleringsdeksel | 6 | - |
| straatkolken | 12 | - |

2.3.1. Kostprijs voor de afbraak

De kostprijs om de infrastructuur af te breken wordt in eenheidsprijzen voorgesteld. Deze prijzen zijn naar boven afgerond.

Tabel 2-9: kostprijs voor afbraak van infrastructuur

| OBJECTEN | eenheid | Prijs [Euro excl. BTW] |
|---|---------|------------------------|
| Wegenis met asfaltverharding | m² | 4 - 6 |
| Wegenis zonder asfaltverharding | m² | 2 |
| struikgewas | m² | 4 |
| alleenstaande boom | Stuk | 50 |
| Afsluiting | lm | 3.5 |
| uitloop buis (uitbreken of opvullen) | lm | 15 |
| reflectoren op paaltjes | stuk | 17 |
| boordstenen | lm | 3 |
| wegaanwijzers | Stuk | 40 |
| verkeerstekens | Stuk | 40 |
| plaatsnaamborden | Stuk | 40 |
| panelen | Stuk | 40 |
| palen | Stuk | 140 |
| palen openbare verlichting | Stuk | 150 |
| waterstraatkoppen | Stuk | 50 |
| rioleringsdeksel | Stuk | 50 |
| straatkolken | Stuk | 50 |
| afbraak gebouw zonder gewapende massieven | Stuk | 7500 |

De kostprijs om gronden uit te graven en af te voeren hangt af van de kwaliteit van de grond en of de aannemer een afnemer van de grond kan vinden. In zeer extreme gevallen is de verkoopprijs van de grond voor de aannemer hoger dan de kost om de grond uit te graven en af te voeren.

Bij vervuilde gronden daarentegen kan de prijs om gronden af te voeren er hoog zijn. In samenspraak met het bestuur is beslist de kostprijs te ramen op 12 euro/m³ . In dit bedrag zijn de analyses uit te voeren in het kader van de huidige VLAREBO wetgeving in de prijs begrepen.

2.4. Uitwerken natuurontwikkelingsplannen

Bij het opstellen van een natuurontwikkelingsplan worden eerst ecologische streefbeelden geformuleerd, die de natuurpotenties van het gebied zo sterk mogelijk tot uiting kunnen doen komen. Andere criteria, zoals landschappelijke, cultuurhistorische, archeologische, socio-economische of financiële overwegingen komen later aan bod in een multicriteria-analyse. Voor het geval van de Hemmepolder kan het ecologische streefbeeld drie richtingen uitgaan, die onderling qua natuurbeeld vrij sterk verschillen en die functie zijn van de zouthuishouding van het grond- en oppervlaktewater. De drie ecologische streefbeelden variëren in graad van te verwachten biodiversiteit⁵, spontaneïteit⁶ en historiciteit⁷ (de drie criteria waarop de evaluatie van natuurwaarden in de ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust (Provoost et al., 1996) wordt gebaseerd).

Vertrekkend vanuit de vaststelling dat de zeepolders grotendeels voormalige estuariene gebieden zijn, die in die vorm de hoogste spontaneïteit hebben scoort het scenario "natte graslanden" hoog qua te verwachten biodiversiteit, maar minder qua historiciteit en zeker qua spontaneïteit, het tweede scenario "natte zilte graslanden" scoort gemiddeld qua biodiversiteit, spontaneïteit en historiciteit, terwijl het derde scenario met ontpoldering, leidend tot een zout slik- en schorgebied hoogst scoort qua spontaneïteit en historiciteit, maar, althans wat hogere planten betreft minder qua biodiversiteit.

Het gebied wordt momenteel doorkruist door verschillende wegen, de Alexisstraat en de Wiegestraat. De ontsnippering van het gebied (in functie van rust voor vogels ...) wordt bevorderd indien de wegzate van de wegenis wordt verwijderd waar deze niet meer noodzakelijk is (de Wiegestraat en een stuk van de Alexistraat tussen de Boerderij en de Halvemaanstraat).

2.4.1. Kwantificering van natuurtypen en ecologische randvoorwaarden voor de realisatie van welbepaalde natuurtypen.

Om de hierna per scenario beschreven natuurtypen⁸ te realiseren zou het wenselijk zijn om de hydrologische voorwaarden en de beheersbehoeften ervan nauwkeurig te omschrijven. Een eenduidige afbakening is echter vooralsnog niet mogelijk, omdat absolute grenswaarden voor ecologische randvoorwaarden niet nauwkeurig bekend zijn. Dit vindt zijn oorzaak vooral in het multivariate karakter van de ecologische determinanten van plantengemeenschappen, en de interactie van die determinanten onderling. Niet alleen hydrologie en beheer zijn van belang maar evenzo daarmee interagerende factoren als bodemtextuur, bodemprofiel, aanwezigheid van diasporen, eenmalig optredende gebeurtenissen, zoals langdurige overstroming, bevoeiing met vervuild water, extreem lange zomerdroogte. Daarbij komt dat deze factoren niet altijd in een hiërarchische volgorde (mate van determinerend belang) kunnen geplaatst worden.

⁵ biodiversiteit: de verscheidenheid aan soorten en/of levensgemeenschappen, zowel in aantal als in abundantie, rekening houdend met hun globale zeldzaamheid, hun ruimtelijke spreiding (specificiteit voor de habitat, het landschap, het biogeografische district, ...) en verspreidingstrend.

⁶ spontaneïteit: mate waarin de soort zich vestigt en reproduceert en/of de levensgemeenschap, de habitat, het proces, het landschap zich vormt en/of in stand houdt zonder bewuste ordening, zonder bewuste ingrepen vanwege de mens.

⁷ historiciteit: de tijdsduur dat de soort, de habitat, de levensgemeenschap, het landschap al deel uitmaakt van het ecosysteem waarin het zich ontwikkelt, dit zowel in oernatuurlijke als in antropogene zin (door de mens bewerkstelligt).

⁸ Als naam voor de potentiële natuurtypen wordt de syntaxonomische verbondsnaam gebruikt, die het best het natuurtipe weerspiegelt; naar deze verbondsnamen wordt in de regel ook verwezen in de natuurtypologische rapporten.

Aangezien het echter wenselijk geacht wordt om voor de verschillende scenario's ook een kwantitatieve inschatting te maken van het te verwachten oppervlak van de vooropgestelde natuurtypen, zullen we op basis van textuur, hydrologie, zoutgehalte van het grond- en overstromingswater en beheer, desalniettemin de best benaderende absolute waarden bepalen, waaraan beantwoord moet worden, wil men het desbetreffende natuurtype potentieel kunnen realiseren. Deze inschatting gebeurde ondermeer op basis van Schaminée et al. (1996, 1998), Blokland & Kleijberg (1997), Degezelle et al. (2003, 2004), Hoffmann (1993) en metingen in het aangrenzende natuurreservaat de IJzermonding (verzameld in het kader van de monitoring van de natuurontwikkelings- en natuurherstelmaatregelen). De vooropgestelde ecologische randvoorwaarden zijn specifiek voor de Hemmepolder en kunnen niet zondermeer geëxponeerd worden naar andere gebieden.

De vier belangrijkste kenmerken van de hydrologie voor de desbetreffende natuurtypen zijn het zoutgehalte van het overstromende oppervlaktewater en grondwater, de overstromingsduur, zowel in seizoenale (in een niet getijdensysteem betreft het merendeels perioden van aaneensluitende winterse inundatie) als in diurnale zin (getijperiodiciteit) en de hoogste en laagste grondwaterstand. In Tabel 2-10 wordt een inschatting gemaakt van de nodige randvoorwaarden voor alle onder de verschillende scenario's aan bod komende natuurtypen.

Tabel 2-10: *Inschatting van de ecologische randvoorwaarden voor het potentieel voorkomen van de natuurtypen die in minstens een van de drie natuurontwikkelingsscenario's voorgesteld worden. Nomenclatuur volgt de syntaxonomische verbonds- of associatienamen.*

Legende:

scenario 1: natte graslanden; 2: zilte graslanden; 3: slik-schor;

bodemtextuur: z: zandig, k: kleiig (eventueel lemig, echter niet van toepassing in het studiegebied);

waterkwaliteit: o=oligotroof, e= eutroof, ge=geëutrofiëerd;

zoutgehalte oppervlaktewater: z: zoet (β -oligohalieu-zoet), b: brak (α -oligohalieu – α -mesohalieu), h= zout (poly- euhalieu);

zoutgehalte bodemwater: z: zoet, b= brak tot zout;

rel. overstormingsfrequentie=percentage van het aantal hoogwaters per jaar dat het maaiveld doet overstromen;

grondwaterfluctuaties: geen gwfluctuaties t.e.m. grote seizoenale grondwaterfluctuaties > 1m/jr;

nvt=niet van toepassing.

| natuurtype | scenario | bodemtextuur | water kwaliteit | Zoutgehalte oppervlaktewater | zoutgehalte bodemwater | # dagen inundatie | rel. overstormingsfreq. | hoogteligging in cm TAW/IJzerestuarius | hoogste gws (cm boven maaiveld) | laagste gws (cm boven maaiveld) | grondwaterfluctuatie | beheer |
|----------------------|----------|--------------|--------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------|
| Plantagini-Festucion | 1,2,3 | z | o | z | z | 0 | 0 | nvt | <-40 | < -75 | ++ | begrazing |
| Arrhenatherion | 1,2,3 | z-k | o-e | z | z | 1-10 | 0 | nvt | <-40 | > -75 | ++ | hooien |

| natuurtype | scenario | bodemtextuur | water kwaliteit | Zoutgehalte oppervlaktewater | zoutgehalte bodemwater | # dagen inundatie | rel. overstromingsfreq. | hoogteligging in cm TAW/Izereestuarium | hoogste gws (cm boven maaiveld) | laagste gws (cm boven maaiveld) | grondwaterfluctuatie | beheer |
|---|----------|--------------|--------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Lolio-Cynosuretum hordeetosum | 1,2 | z-k | e | z-b | z-b | 1-10 | 0 | nvt | <-40 | > -75 | ++ | seizoensbegrazing |
| Lolio-Cynosuretum | 1 | z-k | o-e | z | z | 1-10 | 0 | nvt | <-40 | > -75 | ++ | seizoensbegrazing |
| Lolio-Potentillion | 1,2 | k | e | z-b | z-b | >10 | 0 | nvt | +25/-40 | -20/-75 | + | seizoensbegrazing |
| Phragmition (seizoenale gw.fluctuaties) | 1,2 | k | e-ge | z-b | z-b | > 10 | 0 | nvt | > 0 | 0/-20 | 0 | evt. tweejaarlijkse wintermaaiing |
| Lemnion permanent zoet water | 1 | z-k | e | z | z | 365 | 0 | nvt | > 0 | > 0 | 0 | geen |
| Zannichellion permanent brak water | 2 | z-k | e | b | b | 365 | 0 | nvt | > 0 | > 0 | 0 | geen |
| Phragmition (intertidaal) | 3 | k | e-ge | z-b | z-b | nvt | 0-40 | >485 | +20/0 | 0/-100 | 0 | geen |
| Salicornion | 2,3 | k | nvt | b-h | b | ? | 10- 85 | 400- 510 | nvt | ? | 0 | geen |

| natuurtype | scenario | bodemtextuur | water kwaliteit | Zoutgehalte oppervlaktewater | zoutgehalte bodemwater | # dagen inundatie | rel. overstromingsfreq. | hoogteligging in cm TAW/Jzerestuarius | hoogste gws (cm boven maaiveld) | laagste gws (cm boven maaiveld) | grondwaterfluctuatie | beheer |
|------------------------------|----------|--------------|--------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|--|
| Spartinion | 3 | k | nvt | h | b | nvt | 65-100 | 305-430 | nvt | ? | 0 | geen |
| RG Zeebies | 3 | k | nvt | b | b | nvt | 20-40 | nvt | nvt | ? | 0 | geen |
| Puccinellion maritimae | 3 | k | nvt | h | b | nvt | 5-80 | 400-520 | nvt | ? | + | runderbegrazing bij successie naar Atriplici- Elytrigietum |
| Puccinellio- Spergularion | 2 | k | nvt | b | b | >10 | nvt | nvt | nvt | ? | + | seizoensbegrazing |
| Armerion maritimae (*) | 2,3 | z-k | nvt | b-h | b | nvt | 0-75 | 405-585 | nvt | ? | ++ | afhankelijk van nagestreefd subtype |

(*) gegevens zijn van toepassing op vegetaties die behoren tot de associatie Atriplici-Elytrigietum pungentis (door Strandkweek gedomineerde vegetaties); de andere associaties binnen dit verbond zijn op termijn beheersbehoefstig (begrazing), en veelal soortenrijker dan de strandkweekvegetaties.

2.4.2. Bespreking van de potentiële natuurtypen vertrekkend van open, grasland gedomineerd landschap

2.4.2.1. *Plantagini-Festucion*

o.b.v. Zwaenepoel et al. (2002) en Hoffmann (2004)

Het Verbond van Gewoon struisgras (*Plantagini-Festucion*) wordt floristisch eerder gekenmerkt door de afwezigheid van een aantal soorten, dat kenmerkend is voor andere verbonden, dan door eigen karakteristieke soorten. Het grasland wordt gekenmerkt door een gering aandeel eenjarigen en een vrij gesloten grasmatt, waarin Gewoon struisgras, Gewoon reukgras, Gestreepte witbol, Rood zwenkgras, Zandzegge, Smalle weegbree, Duizendblad, Geel walstro en Gewone rolklaver een vrij belangrijke rol spelen. De bodem is licht nitraathoudend ten gevolge van lichte bemesting als gevolg van beweiding of recreatie.

Het verbond heeft geen eigen kensoorten (meer). Mogelijk was Overblijvende hardbloem (*Scleranthus perennis*) vroeger een goed kentaxon. Wellicht kunnen ook een aantal paardebloemen uit de groep *Taraxacum laevigatum* karakteristiek zijn, maar dit vergt nader onderzoek. De relatief algemene Gekroesde paardebloem (*Taraxacum tortilobum*) wordt regelmatig in dit type grasland waargenomen, maar is vermoedelijk niet exclusief.

Onderaardse klaver en de forma *pinifolia* van Gewoon struisgras zijn kentaxa van de Duin-Struisgras-associatie (*Festuco-Galietum veri*). Gestreepte klaver, Ruwe klaver, Kleine rupsklaver en mogelijk ook Vogelpootklaver zijn differentiërend binnen het verbond. Dat geldt ook voor Duinfakkelgras.

In de meeste Ha's (de best benaderende BWK-eenheid) was konijnenbegrazing (tot voor de myxomatose en VHS (virale infectieziekte) hun intrede deden) een belangrijke beheersparameter. Volgens Weeda et al. (1996) is ze voor de duinvertegenwoordigers van dit verbond in Nederland minder relevant. Begrazing door runderen zou optimaal zijn. Of dit ook voor Vlaanderen opgaat is niet zo zeker: konijnenbegrazing is momenteel de belangrijkste begrazingsvorm in de Zwinbosjes. De kleine klavertjestoestanden gedijen in de duinen vooral onder begrazingsbeheer. Dit graslandtype wordt vooropgesteld in het Hemmepolderproject voor alle niet overstroomde gebieden, die op duingronden zijn gelegen (noordwesten van het studiegebied). Mogelijk is aldaar ook een ontwikkeling mogelijk van een vorm van kalkrijk duingrasland (Polygalo-Koelerion), maar hiervoor is momenteel geen enkele indicator aanwezig in het studiegebied, tenzij een aantal kalkminnende mossoorten.

2.4.2.2. *Arrhenatherion*

o.b.v. Zwaenepoel et al. (2002)

Het Glanshaververbond is in zijn karakteristieke Vlaamse verschijningsvorm een hooiland- of wegbermvegetatie, waarin soorten als Glanshaver, Groot streepzaad, Grote bevernel, Pastinaak, Gewone bereklauw, Fluitenkruid, ... meestal het aspect bepalen. Ook hooiweiden komen echter voor. Het verbond is best ontwikkeld op de voedselrijkere, vochtige bodems (zandleem, leem en klei) en is daardoor ook een van de meest productieve graslandvegetaties in Vlaanderen. Een lichte bemesting van dit soort graslanden was gebruikelijk. Behalve stalmest werd soms ook bevloeiing van het grasland toegepast als bemesting. Door het afnemen van het zuivere hooibeheer en door de intensivering van de landbouw zijn buiten de natuurreservaten nauwelijks nog grote oppervlakten goed ontwikkelde glanshaverhooilanden bewaard gebleven. Op bermen en dijken komt het type, zij het in enigszins gewijzigde vorm, wél nog talrijk voor.

Groot streepzaad, Grote bevernel, Glad walstro, Rapunzelklokje, Beemdooievaarsbek, Beemdkroon en Karwijvarkenskervel zijn kensoorten voor het Glanshaververbond en de

Glanshaver-associatie. Vooral op zandbodems zijn het vaak alleen de differentiërende soorten Gewone berenklaauw, Peen, Fluitenkruid, Kraailook, Heermoes en Akkerwinde die nog een herkenning van het verbond toelaten. Graslathyrus bereikt een presentie-optimum in pionierende fasen van het Glanshaververbond. Klavervreter bereikt een zeker optimum in vlinderbloemigenrijke vertegenwoordigers. Pastinaak is differentiërend voor een subassociatie die vooral in de polders veel voorkomt.

Goed ontwikkeld Glanshaververbond komt doorgaans op kalkhoudende zandleem, leem of klei voor. Op zandige bodems komen armere versies voor zonder de klassieke kensoorten. Op polderdijken is er vaak een klei-zand-vermenging aanwijsbaar. Vooral wanneer het om een vermenging met schelpenrijk zand gaat kunnen er mooie Glanshavergraslanden voorkomen.

Het Glanshaververbond is niet grondwaterafhankelijk en overstrooming komt zelden voor, met uitzondering van bewuste bevoeiing als bemestings-beheersvorm, zoals in de Kempense vloeiveiden van Lommel. Hier komen Zeg- en Zdg-bodems voor, die veel natter zijn dan gebruikelijk bij het Glanshaververbond. In Zeg is de variatie in waterpeil 20-40 cm beneden het maaiveld in de winter en 80-120 cm in de zomer. In Zdg is dat 40-60 cm in de winter en 120-150 cm in de zomer. In de abiotisch meer representatieve omstandigheden van de Dijlevallei reikt het waterpeil tot 10 cm beneden het maaiveld in de winter en zakt het tot 2 m in de zomer. Op de talrijke drogere dijken langs rivieren en kanalen bevindt de grondwatertafel zich in veel gevallen permanent op meerdere meter beneden het maaiveld.

In wegbermen, waarvan een groot deel wordt ingenomen door glanshaverhooilanden, wordt vanuit het bermbesluit een standaard maairegime 15 juni - 15 september opgelegd. Specifieke goed ontwikkelde vegetatietypes kunnen echter vaak beter op aan lokale flora en fauna-elementen aangepaste data gehooïd worden. Zwaenepoel (1993, 1998) schetst uitvoerig specifieke maaishema's. Voor het Scherpe boterbloem-Rode klaver-type wordt een maairegime half juli-half september of half mei-half september aanbevolen. Voor het Veldlathyrus-Gulden sleutelbloem-type worden tal van varianten gespecificeerd volgens de soortensamenstelling. Bermen zonder echte zeldzaamheden, maar met een opvallende bloei in juni en juli kunnen half mei en half september gemaaid worden. Bermen met Aardaker worden beter slechts één keer per jaar, namelijk in september gemaaid. Ook ploegen, eens in de vijf tot tien jaar, kan de vlinderbloemigen- en schermbloemigenrijke vertegenwoordigers ten goede komen.

2.4.2.3. *Lolio-Cynosurion (Lolio-Cynosuretum en Lolio-Cynosuretum hordeetosum)*

o.b.v. Zwaenepoel et al (2002) en Hoffmann (2004)

Kamgrasland is vanwege zijn opvallende vegetatiestructuur vrij gemakkelijk te herkennen. Floristisch vertoont het veel overeenkomst met het Glanshaverhooiland, het verschil zit hem vooral in de beheersvorm; het *Lolio-Cynosurion* wordt gebruikt als graasweide, het *Arrhenatherion* als hooiland (of hooiweide). In combinatie met het voorkomen van de belangrijkste soort (Kamgras) maakt dit het type van grasland goed herkenbaar. Door veebetreding komen heel wat tred- en vraatbestendige soorten voor zoals Grote weegbree, Straatgras en Kruipende boterbloem. Soorten als Rode klaver, Scherpe boterbloem, Veldzuring en Gewone brunel vertonen in de regel een hoge presentie.

Door omschakeling naar intensief landbouwgebruik is kamgrasland sterk in oppervlakte afgenomen, met uitzondering van de polders, waar het nog steeds grote aaneengesloten oppervlakten inneemt. Voorheen kwam het nochtans ook in aanzienlijke oppervlakte in andere streken voor, terwijl het daar nu veelal herleid is tot kleine hoekjes marginaal grasland. De natuurbehoudaandacht voor dit type grasland is de laatste jaren enorm gestegen, enerzijds door het belang van dit type grasland voor overwinterende ganzen, anderzijds toch ook vanuit botanische hoek.

Kamgras en Madeliefje zijn kensoorten van het Kamgrasverbond. De kamgrasweide (*Lolio-Cynosuretum*) is verder negatief gedifferentieerd. Echte kensoorten, relevant voor de hele associatie, ontbreken. Veldgerst is een transgrediërende kensoort, die slechts relevant is voor de subassociatie *hordeetosum* (subassociatie met Veldgerst).

Binnen deze subassociatie komt in Vlaanderen een voor het natuurbehoud belangrijke variëteit voor met Knopig doornzaad (*Torilis nodosa*) en Wilde peterselie (*Petroselinum segetum*) als zeldzame en bedreigde soorten. Terwijl de subassociatie met Veldgerst perceelsdekkend kan voorkomen, is de variëteit met Knopig doornzaad en Wilde peterselie alleen in de steile randjes tussen weide en sloot aanwezig, met een zekere voorkeur voor op het zuiden geëxponeerde standplaatsen. Deze variëteit is veel soortenrijker dan een gewone (veldgerst-)kamgrasweide die gemiddeld niet meer dan 10-15 soorten per opname telt. De soortenrijke variëteit telt echter vlot 25-30 soorten, die veelal affiniteit vertonen met glanshaverhooilanden: Gewone hoornbloem, Hopklaver, Ingesneden ooievaarsbek, Knolboterbloem, Veldbeemdgras, Gewoon dikkopmos, Kropaar, Scherpe boterbloem, Behaarde boterbloem, Beemdlangbloem, Goudhaver, Vijfvingerkruid, Duizendblad, Speerdistel, Viltig kruiskruid, Peen, Hondsdraf, Pastinaak, Smalle weegbree, Vertakte leeuwentand, Gestreepte witbol, Heermoes, Klein streepzaad, Herderstasje, Klein kruiskruid, Kleine ooievaarsbek, Zachte ooievaarsbek, Akkermelkdistel, Gewone hoornbloem, Zachte dravik, Kluwenhoornbloem, Rode klaver, Gewone glanshaver, Paarse dovenetel, Veldereprijs, Gewoon struisgras, Kattedoorn, Akkerwinde, Kruipertje, ... geven het spectrum weer (in volgorde van de frequentie van de soorten) dat in zo een geval een veel rijkere kamgrasweide weerspiegelt dan wat we op perceelsniveau gewoon zijn. Net buiten de prikkeldraadomgeving kunnen Knopig doornzaad en Vlaamse peterselie zelfs af en toe aangetroffen worden in een echte *Arrhenatherion*-vegetatie.

De meeste karakteristieke soorten van kamgrasland zijn grondwateronafhankelijk. Het feit dat kamgrasland in de polders toch hoofdzakelijk in de laaggelegen komgronden ligt heeft dan ook meer te maken met het feit dat de hogere kreekruiggronden in akkerland omgezet zijn, dan met een louter natuurlijke verspreiding. Binnen de komgronden van de polders is er nog een duidelijke zonering met betrekking tot de grondwatertafel, zeker wanneer deze brak is. Begraasde vegetaties op de laagste plaatsen behoren tot het Zilver schoonverbond (zie 2.4.2.4) of de Zeeaster-klasse. De hogere gedeelten, waarin zoet regenwater of toestromend zoet water hun invloed doen gelden zijn kamgrasland. Kamgrasland doet ruimtelijk reeds zijn intrede vanaf een zomerpeil van ongeveer 40 cm beneden maaiveld en verandert weinig qua aspect wanneer de grondwatertafel dieper wegzakt, behalve dat enkele zoutindicatoren zoals Zilte zegge, Aardbeiklaver, ... er uit verdwijnen. Peilen van 1-2 m beneden maaiveld zijn geen uitzondering.

2.4.2.4. *Lolio-Potentillion*

o.b.v. Zwaenepoel et al. (2002) en Hoffmann (2004)

Het Zilver schoonverbond is een plantengemeenschap van standplaatsen die langdurig nat zijn, vaak gekoppeld aan sterke schommelingen in de waterstand. De meeste standplaatsen worden begraasd en betreden, hoewel ook antropogene verstoringen vaak geschikte (pioniers)standplaatsen creëren. De aard van het substraat is erg variabel, maar voedselrijkere bodems overwegen. Zowel zoete als brakke standplaatsen komen voor. De vegetatie neemt zelden grote oppervlaktes in, maar is in zijn typische vorm een smalle gordel tussen een drogere en een nattere standplaats. Kenmerkende soorten zijn Fioringras (preferent in dit verbond), Valse voszegge, Behaarde boterbloem, Krulzuring, Aardbeiklaver en Geknikte vossestaart en verder Ruige zegge, Zeegroene rus en Smalle rolklaver.

Een wisselende grondwaterstand wordt vaak als een van de meest kenmerkende milieuparameters voor dit verbond opgegeven, maar er zijn aanwijzingen dat bij de echt goed ontwikkelde gemeenschappen de schommelingen eerder gering zijn en grotere schommelingen de

ontwikkeling van banalere vertegenwoordigers tot gevolg hebben. Er zijn metingen voor, bij wijze van voorbeelden, de associatie van Moeraszoutgras en Fioringras die een zeer geringe jaarfluctuatie aangeven, namelijk in de buurt van 30 cm. In de winter staat de vegetatie plas-dras, in de zomer zakt het peil tot slechts 30 cm beneden het maaiveld (Lissewege). Bij vegetaties met Engelse alant kan de grondwatertafel in de zomer zakken tot één meter beneden het maaiveld en droogt de toplaag vaak keihard uit. Bij de verarmde versies van het Zilverschoonverbond is langdurig stagneren van het water boven het maaiveld in de winter in elk geval een feit, maar we weten slecht hoe diep het water zakt in de zomer. Er is een sterk vermoeden dat het te diep wegzakken in de zomer het voorkomen van de soortenarmere vertegenwoordigers van dit verbond, die alleen op dat syntaxonisch niveau te herkennen zijn, tot gevolg heeft.

Ook het zoutgehalte van het water is een belangrijke karakteristiek voor bepaalde vertegenwoordigers. De Associatie van Moeraszoutgras en Fioringras (zie Zwaenepoel et al (2002) voor een nadere omschrijving) staat meestal op de overgang van zoet naar zout, waarbij zoet regenwater afvloeit naar het brakke grondwater. Bij de Associatie van Platte rus, meer bepaald de subassociatie *scirpetosum maritimae*, is er een duidelijke invloed van stagnerend zoet water op zout grondwater aanwezig. Dit was in het zeer natte voorjaar van 2001 zeer mooi vast te stellen op verschillende plaatsen in de kustpolders. Karresporen met stagnerend zoet water waren begroeid met een Associatie van Platte rus (*Lolio-Potentillion*), terwijl de naastliggende bodem begroeid was met een Associatie van Zilte rus (*Asteretea tripolii*).

De Associatie van Moeraszoutgras en Fioringras wordt meest op klei aangetroffen. Soms is dit een venige of zandige klei. De bodem van de Associatie van Zilte zegge is doorgaans iets zandiger. Vaak groeit de soort in de overgang van zandige hoogtes naar kleiige laagtes (bvb. van toepassing voor de overgang van duingronden naar schorgronden in de Hemmepolder).

Het handhaven van een hoge grondwatertafel in combinatie met een begrazingsbeheer levert de beste garantie op voor het voortbestaan van de meeste vertegenwoordigers van dit verbond. Landbouw- en poldermaatregelen die het aftrappen van de oevers van waterlopen tegengaan, door het plaatsen van prikkeldraad op geruime afstand van de sloot *verkleinen* de potentiële habitats voor deze vegetaties. Ook het verlaten van de inscharingsdata van vee, vanuit faunistische overwegingen veroorzaakt het dichtgroeien van het Zilverschoonverbond, hetzij door soorten uit de Rietklasse aan de slootkant, hetzij door soorten van de Klasse der vochtige graslanden aan de weidekant.

Hoewel het Zilverschoonverbond voorkomt op van nature vrij voedselrijke bodems, die bovendien nog vaak een stikstoftoemaat krijgen in de vorm van vogelmest, verdragen ze klassieke landbouwbemesting slecht. Dat geldt zeker voor de associatiekensoorten. De verbondskensoorten houden het meestal wél vrij goed uit. Het Zilverschoonverbond profiteert van natuurinrichtingswerken waarbij graafwerk te pas komt. Speciaal het aanleggen van geleidelijke oevers verhoogt de potentiële groeiplaatsen.

2.4.2.5. Phragmition in omstandigheden met seizoenale grondwaterfluctuaties

o.b.v. Vandenbussche et al. (2002a) en Hoffmann (2004) en de daarin geciteerde literatuur

Het Phragmition omvat een grote groep van plantengemeenschappen, waarvan de indeling niet zozeer kwalitatief gebeurt (het louter voorkomen van soorten), maar veeleer kwantitatief. De vitaliteit en abundantie van de soort, die de algemene structuur van de vegetatie bepaalt is veelal van doorslaggevend belang. Het zijn vaak (soortenarme) dominantiegemeenschappen waarvan de soorten moeilijk met elkaar mengen en eerder vleksgewijs naast elkaar voorkomen. Heel vaak zijn de dominanten klonaal uitbreidende soorten. Riet zelf speelt in veel van de gemeenschappen die tot de rietmoerassen gerekend worden een ondergeschikte rol, maar zal in het geval van de Hemmepolder wel degelijk de te verwachten dominant zijn.

Een groot deel van de vegetaties gedomineerd door Riet zijn beschreven als min of meer dynamische gemeenschappen die deel uitmaken van het verlandingsproces vanuit open water.

De kruidlaag in rietgemeenschappen kan gemakkelijk 2m hoog worden; op sommige plaatsen wordt Riet meer dan 4m hoog. Ook Lisdodde kan enkele meters hoog worden. De gemeenschappen hebben vaak een gesloten karakter, waarin vaak wilgenstruiken (vooral vertegenwoordigers uit het Grauwe wilg complex) kunnen opslaan. Vaak is er een matig tot goed ontwikkelde moslaag aanwezig. Indien de strooisellaag te dik wordt, bvb. door het achterwege blijven van beheer, zullen echter nog slechts weinig mossoorten kunnen overleven. Ook de algemene soortenrijkdom neemt hierdoor af, evenals door regelmatige winteroverstromingen, die de vestiging van vele soorten belemmeren.

Riet is veelal abundant tot dominant; evenwel kan Riet nagenoeg ontbreken en soorten zoals Grote lisdodde, Kleine lisdodde, Gele lis, Hennegras of Liesgras (o.a. Gryseels 1978, Van Speybroeck 1979, Van Speybroeck et al. 1981) de rol van Riet geheel of gedeeltelijk overnemen (faciesvorming). In de polders zijn vaak Zebies en Ruwe bies geassocieerd met rietvegetaties. Naast Riet komen in de gemeenschap een aantal ruigtekruiden van natte standplaatsen voor, zoals Waterzuring, Kleine lisdodde, Watermunt, Bitterzoet, Moeraswalstro, Wolfspoot, Haagwinde en/of Grote brandnetel. De vegetaties kunnen zeer soortenrijk zijn, maar even goed uit één of slechts enkele soorten opgebouwd zijn. Een duidelijke zonering of vlekkenpatroon, waarbij elke zone of vlek gedomineerd wordt door één plantensoort is een kenmerkende eigenschap van deze vegetaties. Proces, patroon en structuur in verruigde rietvegetaties worden voornamelijk bepaald door strooiselopstapeling en productieverhoging. Het zijn dan ook enkel de competitieve soorten, de potentiële dominanten, die tot volle ontwikkeling komen. Andere soorten zijn dan beperkt tot toevallige openingen in de strooisellaag, en moeten daarbij niet alleen stress (concurrentie competitieve soorten), maar ook ruderaal toestanden (uitwendige storing veroorzakende milieufactoren) verdragen (Gryseels 1985).

Grote, vrijwel onbegaanbare, ondoordringbare en daardoor relatief ongestoorde rietlanden vormen, vooral in de nabijheid van open water, een ideale broedbiotoop voor typische moerasvogels zoals Kleine Karekiet, Grote Karekiet, Rietzanger, Bosrietzanger, Rietgors, Blauwborst, Waterral, Snor, Bruine kiekendief (grote oppervlakte), enz.. Ook Slobeend en Wintertaling vinden in rietlanden een geschikte broedplaats. In het najaar vormen ze dan weer een pleisterplaats voor bvb. eenden, zwaluwen en kwikstaarten.

Dit type omvat pioniergemeenschappen in zoet tot (zwak) brak, doorgaans stilstaand tot zwak stromend, zwak eutroof tot eutroof water. Op zeer eutrofe standplaatsen is de gemeenschap vaak sterk verarmd.

De bodem onder rietgemeenschappen kan zowel mineraal of weinig zijn en eventueel bedekt met een weke sapropeliumlaag, waarvan de dikte afhankelijk is van de waterstand (o.a. Danneels & Hermij 1986, Gryseels 1985). Van zodra overstroming zo goed als beperkt is tot de winter, verandert het substraat van een week, slibrijk sapropelium in een venige bodem, al of niet sterk veraard, die wel nog bedekt is met een oppervlakkige sapropeliumlaag.

Behalve als onderdeel van de verlanding van open water, waar ze grote oppervlakken kunnen innemen, komen rietgemeenschappen voor in en aan poelen, langs kanalen, vijvers, sloten en in natte terreindepressies. Het water is doorgaans niet dieper dan 70 cm (Oberdorfer 1977, Coops 1996).

De hydrologische condities gedurende de vestigingsfase van helofyten spelen mogelijk een belangrijke rol voor de uiteindelijke zonering over de waterdieptegradiënt. Ondermeer de kieming is afhankelijk van het waterniveau (Coops 1996). Gele lis kiemt alleen op een enigszins vochtig substraat, Rietgras en Riet kiemen het best op niet overstroemd substraat, terwijl Kleine en Grote

lisdodde juist veel beter kiemen op overstroomd of waterverzadigd substraat. Ook de biomassaproductie van de verschillende helofyten kent een optimum bij een bepaalde waterdiepte. Rietgras, Riet en Heen vertonen bij een waterstand vanaf 80 cm een (sterk) verlaagde productie; Mattenbies vertoont geen verschillen in biomassaproductie bij een waterdiepte van 50 en 80 cm (Coops 1996).

De distributie en soortensamenstelling van helofytenvegetaties langs de oevers van water is het resultaat van verschillende abiotische en biotische interacties. Hydrodynamische factoren, met name waterstand, golfwerking en waterstroming zijn de sleutelfactoren die de distributie en samenstelling van helofytenvegetaties langs de oever bepalen (Sculthorpe 1967, Hutchinson 1975, Spence 1982, Coops 1996). De zonering in oeverbegroeiingen wordt voor een belangrijk deel bepaald door verschillen in de invloed van de waterbeweging op de vestiging, groei en overleving van soorten. Zonering van de oeverbegroeiing over de waterdieptegradiënt (verticale gradiënt) ontstaat door verschillen in vestigings- en overlevingskansen van soorten onder invloed van waterstandswisselingen en diepte van overstroming.

Monotypische rietlanden komen doorgaans voor op nagenoeg constant geïnundeerde standplaatsen (Peymen 1990, Gryseels 1985) en vertonen geen hecht rhizoomnetwerk (eerder pollenstructuur), waardoor ze zo goed als onbegaanbaar zijn. Vaak vormen ze de eerste vegetatiegordel, ofwel nemen ze een zone in achter een Kleine lisdodde-, Mattenbies- of Waterzuringvegetatie (o.a. Gryseels 1978).

"Typische rietlanden" komen voor op standplaatsen die niet meer constant onder water staan tot standplaatsen die 's zomers droogvallen en tijdens het winterhalfjaar of in uitzonderlijke omstandigheden overspoeld worden (semi-terrestrische rietlanden). Van zodra het rietland niet meer constant onder water staat begint ook de vorming van een strooisellaag (die tot een halve meter dik kan worden) en worden de rhizoomnetwerken sterker. Verruigde rietlanden zijn terrestrisch en weerspiegelen helemaal niet meer de verlandingsdynamiek van open water en kennen een sterk verkorte inundatieduur. Gele lisvegetaties komen doorgaans voor op eerder hoog gelegen en niet vaak geïnundeerde standplaatsen.

Veel rietgemeenschappen ontstaan natuurlijk (spontaan) als fase in het verlandingsproces van open water (bvb. Blankaart). Andere zijn ontstaan door het verhogen van de grondwatertafel (bvb. in de Leiemeersen, Gryseels & Hermy 1981).

Een andere belangrijke (interne) factor voor rietmoerassen, naast de watertoevoer en het waterpeil (externe factoren) is de vereiste van menselijke invloed om behouden te blijven. Bij het achterwege blijven van beheer, bijvoorbeeld wintermaaien, leidt strooiselaccumulatie tot een zwak gedifferentieerde rietgemeenschap, waarin differentiërende processen (bijv. de invasie van soorten vanuit zaad of vegetatieve expansie door laaggroeiende soorten, boomkolonisatie, ...) sterk onderdrukt worden (Gryseels & Hermy 1981). Rietlanden kunnen ontstaan en blijven bestaan door regelmatig maaien en kappen. Het verdwijnen van dit beheer, samen met de hoger vernoemde uitwendige factoren, zijn de oorzaak van de evolutie van dynamische verlandingsbiotopen naar verruigde, vrijwel gestabiliseerde rietmoerassen.

2.4.2.6. *Lemnion (permanent zoet tot oligohalien water) en Zannichellion (permanent oligo- tot mesohalien water)*

o.b.v. Hoffmann (2004), Wils et al. (1998), Clays et al. (2000) en Degezelle et al. (2004)

De kunstmatige waterlopen in de polders hebben normaliter een zeer laag verval en daardoor is het water er stilstaand tot zeer traag stromend. Doordat het gegraven of vergraven systemen zijn, wordt de waterafvoer door de mens geregeld via sluizen en pompgemalen. Indien er al een vegetatie optreedt, zal die in zoete omstandigheden gekenmerkt worden door kroossoorten. Bij

(licht) zoute invloeden kunnen zouttolerante plantensoorten optreden, waaronder Zannichellia en Zilte waterranonkel.

Kroosbegroeiingen omvatten drijvende of direct onder het wateroppervlak zwevende kroossoorten van stilstaande tot zeer zwak stromend, eutroof of geëutrofeerd water. De gemeenschappen zijn zeer eenvoudig gestructureerd en worden door wind en/of golfslag gemakkelijk verplaatst. Kroosbegroeiingen hebben geen rechtstreeks contact met de bodem, zodat ze voor hun voedselvoorziening geheel op de waterlaag aangewezen zijn.

De Lemnetae worden gekenmerkt door de lemnide soorten Veelwortelig kroos, Klein kroos, Puntkroos en Wortelloos kroos. Gemeenschappen met Bultkroos (Lemnion minoris) komen in vergelijking met gemeenschappen met Puntkroos (Lemnion trisulcae) gewoonlijk voor in sterker geëutrofeerd water (Schaminée et al., 1995). Typische poldersoorten van open water zijn verder Grote kroosvaren, Ongedoornd hoornblad, Zwanebloem, Zannichellia en Bultkroos.

2.4.2.7. Phragmition (brak-seizoenaal en zout-intertidaal)

o.b.v. Vandenbussche et al. (2002c), Hoffmann (1993) en daarin geciteerde literatuur

Phragmition in de brakke, intertidale sfeer omvat plantengemeenschappen waarvan het aspect volledig bepaald wordt door Riet. De soort wordt eventueel begeleid door enkele zouttolerante soorten, zoals Strandkweek, Zeeaster of Zeebies. Het Riet blijft meestal veel korter dan in zoete omstandigheden, terwijl de riethalmen veel dunner en dichter staan (Muylaert 1996; Criel, 1998). Kenmerkend is de combinatie van Rietdominantie met enkele brakwatersoorten in de lage kruidlaag zoals Echt lepelblad, Echte heemst, Selderij of Zilt torkruid; deze soorten komen in de huidige zeepolders echter niet of nauwelijks voor.

Deze gemeenschappen kunnen voorkomen op zowel kom- als oeverwalgronden, op plaatsen waar Riet zich recent gevestigd heeft. Beeftink (1965) beschrijft deze vegetatie voor de α -mesohaliene zone in estuaria en verder stroomopwaarts. In deze α -mesohaliene zone is zij aanvankelijk beperkt tot de omgeving van uitwateringssluissjes; verder stroomopwaarts, maar wel nog in het α -mesohalinicum, ontwikkelt zij in de kommen van schorren en op de bij eb gemakkelijk afvloeiende terreinen aan de bovenzijde van het eu-littoraal (slikken). Zolang de vegetatie min of meer regelmatig overspoeld wordt door brak rivierwater zal hierin weinig of geen verandering optreden. Bij het wegvallen van de overstroming met brak water zal deze gemeenschap op termijn evolueren naar een zuivere rietvegetatie en vervolgens verruigen (zie onder 2.4.2.5).

Doorgaans wordt aangenomen dat deze rietgemeenschappen met enkele zouttolerante soorten in de successie volgen op de Strandkweek gedomineerde gemeenschappen, ze vormen daarmee het eindstadium van de successie (climaxvegetatie) op brakwaterschorren, zowel op de komgronden als op de oeverwallen.

Bij het uitblijven van beheer (begrazing, maaien) zullen deze gemeenschappen monospecifiek (Riet) worden. Begrazing kan ze echter terugdringen tot één van de vroegere (soortenrijkere) successiestadia (regressie). Zonder verstoring en met toenemende hoogte zal Riet andere schorgemeenschappen wegconcurreren door de productie van een dicht rhizoomnetwerk en een zeer dicht bladerdek (ruimte-, nutriënt- en lichtcompetitie).

2.4.2.8. Salicornion

o.b.v. Vandenbussche et al (2002c) Hoffmann (2004) en Hoffmann et al. (in voorb.) en daarin geciteerde literatuur

Zeekraalgemeenschappen zijn zeer soortenarme begroeiingen die vaak slechts uit één of enkele soorten bestaan (meest frequente soorten zijn Kortarige zeekraal, Langerige zeekraal en Schorrenkruid). Ze worden gekenmerkt door een weinig ontwikkeld wortelstelsel (Van Den Balck 1994). In functie van de positie in de zonering en het slibgehalte van het substraat kan de

De meest voor de hand liggende beheersvorm voor dit natuurstype is niets doen. Bij progressieve successie worden Zeekraal- en Klein schorrenkruidbegroeiingen opgevolgd door begroeiingen met Gewoon kweldergras en Gewone zoutmelde. Indien er dan een begrazingsbeheer gevoerd wordt zullen Zeekraal en Schorrenkruid toch nog vestigings- en ontwikkelingskansen krijgen in de trapgaten (Adam 1990). Na afgraving of afplaggen zullen deze pioniervegetaties zich snel herstellen. Binnendijks (in het Oost-Vlaams krekengebied) ontstaan Kortarige zeekraalbegroeiingen op plaatsen waar de begrazing door vee zo sterk wordt dat Zulte volledig weggevreten wordt en de zilte pionier Kortarige zeekraal gaandeweg gaat domineren (De Raeve 1975). Deze ontwikkeling behoort ook tot de mogelijkheden in scenario 2 en 3 voor de Hemmepolder.

2.4.2.9. *Spartinion*

o.b.v. Vandenbussche et al (2002c) Hoffmann (2004) en Hoffmann et al. (in voorb.) en daarin geciteerde literatuur

Spartinion-gemeenschappen zijn soortenarm en hebben eenvoudige structuur waarvan het aspect volledig bepaald wordt door de groeivorm van de kensoort, nl. dichte tot losse, al of niet verspreide graminoiden pollen, tot ongeveer 1 m hoog. Op plaatsen met een hoge bedekking van Zulte, Heen of zelfs Gewoon kweldergras is er vaak ook een wierlaag (bvb. Darmwier of Zeesla) aanwezig. Enige kensoort is het Engels slijkgras, vaak begeleid door laagbedekkende zeekraalsoorten. Engels slijkgras komt ook nog met enige regelmaat voor in een aantal andere gemeenschappen van brakke slikken en lage schorren, meer bepaald in slikkoloniserende zeekraalgemeenschappen en zeebiesgemeenschappen en in zilte graslanden op de lage schorren. Daar is de soort echter nooit dominant.

Het zijn gemeenschappen van buitendijkse gebieden, die zich afhankelijk van de dynamiek en het zoutgehalte van het water kunnen vestigen op het lage slik tot net boven de gemiddelde hoogwaterlijn (laag schor) (Goetghebeur 1976). Ook in lage kommen op de schorre en langs kreken kan zij worden aangetroffen. Engels slijkgras is door haar vlezige wortelstokken stevig verankerd in de bodem en daardoor goed bestand tegen de eroderende werking van het tijwater. De soort kan zich moeilijk vestigen op compacte sedimenten (Beefink 1965). De gemeenschappen bereiken hun optimum op zilte en brakke slibrijke substraten. De standplaatsen zijn zeer open en lichtrijk, matig voedselarm tot matig voedselrijk, met een pH die doorgaans circumneutraal tot licht basisch is. Engels slijkgras is gerelateerd aan een blauw-zwarte, gereduceerde bodem (Van Den Balck 1994), typisch voor het slik. Op zandiger plaatsen is de bedekking minder dicht en vormt ze geen dichte gordels of tapijten meer en krijgen andere slikplanten een kans. Engels slijkgras zorgt voor een snelle ophoging van het terrein en kan werkelijk bulten in de slikke vormen (Goetghebeur 1976).

De gemeenschappen kunnen zowel voorkomen op begraasde als onbegraasde schorren.

2.4.2.10. *RG Zeebies*

o.b.v. Vandenbussche et al. (2002c) en Hoffmann (1993)

Het betreft hier doorgaans zeer soortenarme begroeiingen gedomineerd door Heen. Spiesmelde en in mindere mate Riet (*Phragmites australis*), treden vaak abundant of co-dominant op. Begeleidende soorten met een hoge presentie zijn Zulte (*Aster tripolium*), Fioringras (*Agrostis stolonifera*) en Strandkweek (*Elymus athericus*). De typische grassoorten van de zilte graslandtypes zijn meestal van ondergeschikt belang. De gemeenschappen manifesteren zich als een min of meer gesloten, tot 150 cm hoge vegetatie.

Aaneengesloten grote oppervlaktes heenvegetatie worden binnen Vlaanderen uitsluitend waargenomen op de brakwaterschorren langs de Zeeschelde en komen in die vorm niet voor in de kustpolders. In scenario 2 (zie verder) kunnen nochtans omstandigheden gecreëerd worden die zeebiesveldontwikkeling mogelijk maken. Vandaar dat ze hier als natuurstype besproken

worden. Ze komen langs de Zeeschelde voor ter hoogte van de gemiddelde hoogwaterlijn en lager en de overstromingsfrequentie bedraagt max. 50 % van het aantal hoogwaters; uitzonderlijk wordt de gemeenschap aangetroffen op plaatsen die een overstromingsfrequentie tot 90 % hebben (Hoffmann 1993). De bodemtextuur is kleiig met een hoog vocht- en organische materiaalgehalte en een relatief hoge bodemsaliniteit (Elbana 1993). Dit stemt overeen met de bevindingen van De Leeuw (1992) in de Westerschelde. De kleiige textuur en de hogere evaporatie op deze minder overstroomde standplaatsen vormen een mogelijke verklaring voor de hoge bodemsaliniteit in deze gemeenschappen.

De Borgher et al. (1981) beschrijven heenvegetaties van de hogere slikke en de lage schorre, in een zone tussen een pioniervegetatie van Knopjeswier en Zeekraal enerzijds en Gewoon kweldergrasvegetaties anderzijds. Op het brakke Groot Buitenschoor wordt het zilte graslandtype van de zoutwaterschorren blijkbaar vervangen door heenvegetaties (Hoffmann 1993).

De accumulatie van strooisel op de schorre verandert de microtopografie en bevordert de vestiging van Spiesmelde tussen Heen (Elbana 1993, Hoffmann 1993). Spiesmelde kan Heen zelfs plaatselijk gaan overwoekeren. De gemeenschappen met veel of dominantie van Spiesmelde vormen mogelijk een overgang naar de door Strandkweek gedomineerde vegetaties van de oeverwallen (2.4.2.13). De typische grassoorten van de zilte graslandtypes zijn afwezig of in ieder geval ondergeschikt.

Door het verminderen van de begrazingsdruk op kweldergrasvegetaties krijgen heenvegetaties kans om zich te ontwikkelen en uit te breiden; heenvegetaties verdragen slechts lichte beweiding (zowel grote grazers als ganzen, die in de winterperiode specifiek foerageren op de ondergrondse knollen) en betreding. Dit werd ondermeer waargenomen op de schorre van Ouden Doel. Bij extensieve begrazing zal een gemengd patroon van heenvegetaties en Kweldergrasvegetaties ontstaan (Hoffmann 1993, Mooij 1986). Bij het achterwege blijven van begrazing (inclusief begrazing door Grauwe Gans), zullen dergelijke vegetaties evolueren naar Strandkweekvegetaties en eventueel zelfs rietvegetaties.

Plaggen is vermoedelijk de enige beheersoptie waardoor men, zij het tijdelijk, uitgebreide heenvegetaties kan verkrijgen op plaatsen die nu gedomineerd worden door Strandkweek of Riet.

2.4.2.11. *Puccinellion maritimae*

o.b.v. Vandenbussche et al. (2002c) en daarin geciteerde literatuur

Zilte graslanden in intertidaal gebied zijn soortenarm en hebben een eenvoudige structuur, met een vaak vrij gesloten, laagblijvende kruidlaag, waarin Gewoon kweldergras, Lamsoor en/of Gewone zoutmelde (co-)dominant optreden. Naast de diagnostische soorten die vaak als dominant optreden, zijn Schorrenkruid, Zeeaster, Gerande Schijnsparrie en Melkkruid frequente begeleiders met lage abundanties. Zeewegbree heeft een hoge presentie in de begroeiingen waar Gewone zoutmelde lagere abundanties heeft (of ontbreekt). Gewone zoutmelde kan monotypische vegetaties vormen, zoals in het Zwin (Van Den Balck 1994), maar is langs de IJzer vrij zeldzaam geworden. Ook Zeeaster en Kweldergras kunnen nagenoeg monospecifieke vegetaties vormen.

De begroeiingen van dit type kennen hun optimum op kleiige bodems. Door de dichtere begroeiing dan de slikkoloniserende gemeenschappen wordt de vloedstroom sterker geremd, zodat meer slib kan bezinken. Toch is er nog een bovenste zandcomponent aanwezig in de nabijheid van zeeduin waar nog een lichte overstuiving door zand mogelijk is. Deze zandcomponent kan voor een sterk wisselend water- en zoutgehalte van de bodem zorgen, waar soorten zoals Dunstaart, Melkkruid en Zilte rus kunnen profiteren van de tijdelijke ontzilting (Van Den Balck 1994).

Deze gemeenschap komt voor op de lage schorre in de zone van iets beneden de gemiddelde hoogwaterlijn tot iets boven de gemiddelde hoogwaterlijn bij springtij, hoofdzakelijk in buitendijkse

kommen tussen oeverwallen en krek en in ondiepe brede geulen of depressies, waarvan de overstromingsfrequentie sterk kan variëren (Goetghebeur, 1976; Elbana, 1993; Van Den Balck, 1994). Gewoon kweldergrasvegetaties komen ook voor op recent geplagde stukken en in bomtrechters (Goetghebeur, 1976). Gewone zoutmelde domineert op de rand van krek en slenken (Duvigneaud & Lambinon, 1963).

Gewone zoutmelde kan snel grote oppervlakken koloniseren omwille van het feit dat de plant zich zowel op lichte kleigronden als op zandige gronden, die snel ontwateren, kan vestigen en een snelle sedimentatie van zand goed kan verdragen (Van Den Balck, 1994).

De door Gewone zoutmelde gedomineerde begroeiingen zijn uitermate geschikt voor beweiding (Doody, 1992). Langdurige intensieve begrazing echter doet de structurele diversiteit afnemen en doet de begrazingsgevoelige (vertrappingsgevoelige) soorten Gewone zoutmelde, Schorrezoutgras (zeer zeldzaam) en Lamsoor afnemen of verdwijnen ten voordele van Rood zwenkgras en Gewoon Kweldergras (Doody, 1992). Uit een floristisch rijker typisch voorbeeld van de associatie van Gewoon kweldergras kan dus door (langdurige) beweiding een dominantiegemeenschap (facies) van Gewoon kweldergras ontstaan (Beeftink, 1965; Elbana, 1993). Bij nog verdere intensieve begrazing kan zelfs regressie tot Zeekraalrijke begroeiingen ontstaan (Beeftink, 1965; Bakker, 1985) en ook Schorrenkruid kan terugkeren (Bakker, 1985). Ranwell (1968) toonde de dominantie van Gewoon kweldergras over Fioringras en Rood zwenkgras op begraasde schorren aan, terwijl de dominantie op niet begraasde schorren omkeert. Gewone zoutmelde wordt gegeten door schaa p noch vee, maar bij betreding breken de takken af. Matige (begrazing, 0.33 rundvee/ha of 2 schaa pen/ha) (Beeftink, 1977) of geringe vertrapping verhindert echter dat Gewone zoutmelde monospecifieke vegetaties gaat vormen, wat de structurele en soortendiversiteit ten goede komt. In elk geval moet bij het bepalen van het begrazingsbeheer rekening gehouden worden met het voormalige (begrazings)beheer. In geval van een plotse vermindering of stopzetting van begrazing op een intensief begraasd schor, kunnen enkele soorten zich snel en expansief uitbreiden ten koste van een meer open en soortenrijke schorbegroeiing. Dit geldt o.a. voor Gewoon kweldergras. Deze evolutie is gewoonlijk nadelig voor de floristische en faunistische waarde van het gebied. Een geleidelijke verandering in de begrazingsdruk en een opvolging van de effecten ervan op de flora en vegetatie is aangewezen (Doody, 1992).

In vegetaties met dominantie van Lamsoor zal deze begrazingsgevoelige soort bij beweiding of maa ien teruggedrongen worden in het voordeel van Gewoon kweldergras (Bakker & Ruyter 1981, Van Den Balck 1994). Ook betreding kan deze trend bewerkstelligen. Zeeweegbree, die een hoge presentie heeft in lamsoorbegroeiingen, houdt redelijk goed stand onder een begrazingsregime en kan zelfs nieuwe plaatsen koloniseren (Bakker, 1985). In bepaalde gevallen kan nietsdoen evenwel het beste beheer zijn. Dit geldt ook voor de vegetaties met Gewoon kweldergras waarin Zeeaster nog abundant optreedt; deze soort is namelijk erg gevoelig voor begrazing. Onder een begrazings- of maaibeheer neemt de soortenrijkdom van de vegetatie in dit geval af (Van Den Balck, 1994). Het plukken van Lamsoor moet niet worden toegestaan (Beije et al., 1994).

Na afloop van de storende factor (beweiding, betreding, erosie, afplaggen) die een regressie van de vegetatie veroorzaakte, kan een secundaire successie inzetten.

2.4.2.12. *Puccinellio-Spergularion*

o.b.v. Zwaenepoel et al (2002)

Plantengemeenschappen binnen het verbond van Stomp kweldergras zijn vegetaties met doorgaans relatief korte levensduur, die vooral binnendijs in zout beïnvloede omstandigheden voorkomen. Behalve aan zouttolerante planten, zijn deze vegetaties ook rijk aan tredplanten. Zilte en brakke gronden zijn weliswaar kenmerkend, maar het zoutgehalte kan sterk fluctueren en

hetzelfde geldt voor het vochtgehalte. In vergelijking met het *Puccinellion maritimae* is de bodem hier duidelijk rijker aan nitraat.

Zilte schijnspurrie en Stomp kweldergras zijn kensoorten van het verbond. Al naar gelang de onderscheiden associatie komen ook differentiërende soorten als Beursjesganzevoet, Blauw kweldergras, Bleek kweldergras, Zeegerst en Riet voor.

Kenmerkend voor het verbond zijn de sterk wisselende zout- en vochtigheidsgehalten, begrazing door koeien en ganzen en concentratie van koeien- of vogelmest. Het lijkt er duidelijk op dat Bleek en Blauw kweldergras veeleer de pionierende grassoorten zijn, terwijl Stomp kweldergras zich veel langer handhaaft. Bleek kweldergras duikt vooral op na natuurinrichtingsprojecten, graafwerken, etc en heeft doorgaans een vrij korte levensduur op een bepaalde plaats. De soort schijnt naast pure klei ook vrij zandige milieus te appreciëren. Zo komt ze buitendijks ook voor op vrij zandige aanslibbingen, bijvoorbeeld in het strandreservaat 'De Baai van Heist'. waarschijnlijk is er voor Bleek en Blauw kweldergras ook een verband met stagnerend zoet water in brak milieu. Riet als differentiërende soort voor de Associatie van Blauw kweldergras kan in die richting wijzen. Een stagnatie van zoet water na langdurige voorjaarsregens bleek ook bij de Bleek kweldergrasopnames in de Uitkerkse polders.

De associatie van Stomp kweldergras is binnendijks sterk afhankelijk van het aantal grazers (vooral koeien) en van de beweidingsduur. Als een van beide factoren verdwijnt, respectievelijk afneemt, dan is de kans groot dat Fioringras of Geknikte vossesstaart dominant worden en dat het Zilverschoonverbond in de plaats komt. Bij helemaal wegvallen van de begrazing nemen Riet of Zeebies vanuit een aanpalende sloot of kreek vaak de ruimte in. Door scheuren en herinzaaien van het grasland komt ook vaak Engels raaigras in de plaats van deze vegetatie, hoewel dit gras meestal duidelijke chloroseverschijnselen vertoont in dit zilte milieu.

2.4.2.13. *Armerion maritimae*

o.b.v. Vandenbussche et al. (2002c), Hoffmann (1993, 2004)

Het betreft hier gemeenschappen van voornamelijk oeverwallen op goed gedraineerde bodems op zout- of brakwaterschorren. Ze kunnen opgedeeld worden in verschillende subtypen in functie van hun precieze standplaats en beheer.

Goed ontwikkelde gemeenschappen met hoge bedekkingen of dominantie van Zilte rus bestaan uit een zeer dichte, kort afgegraasde grasmat, bijna geheel opgebouwd uit een kluwen van Zilte rus, Fioringras en de zilte variëteit van Rood zwenkgras. Deze grasmat komt meestal niet tot bloei. De soortenarme kruidlaag van de gemeenschappen met Strandkweek is opgebouwd door deze hemicryptofyt, die een dichte, ondoordringbare grasmat vormen die tot ruim 1 m hoog kan worden. Onder deze graszode treedt vaak een sterke strooiselaccumulatie op. Gelet op de grote structurele, floristische en milieuverschillen, moet binnen dit verbond in feite onderscheid gemaakt worden tussen verschillende associaties, met name de associatie van Zilte rus, de associatie van Engels gras en Rood zwenkgras, de Kwelderzegge-associatie, de Zeealsem-associatie, de Strandkweek-associatie en de associatie van Zeerus en Zilt torkruid.

Strandkweek is een min of meer constante soort, die de gemeenschap vaak domineert. De zilte variëteit van Rood zwenkgras treedt vaak co-dominant met Strandkweek op of domineert in begraasde terreinen. Zilte rus vergezelt dit tweetal vaak. De dominantiegemeenschap van Strandkweek, de meest voorkomende verschijningsvorm van dit verbond, en de dominantiegemeenschap van Rood zwenkgras zijn vaak zeer soortenarm; enkele regelmatige begeleiders zijn Lamsoor, Melkkruid, Spiesmelde en Zeeweegbree.

Deze gemeenschappen worden voornamelijk geassocieerd met buitendijkse hoge oeverwallen (ook heuveltjes of kunstmatig opgeworpen dijken) in de midden- en hoogste zone van schorren op

α -mesohaliene tot polyhaliene bodem (Van den Balck, 1994). Dit hangt samen met de intolerantie van Strandkweek voor waterverzadiging en zijn lage wortelporositeit (Armstrong et al., 1985; Rozema et al., 1985). In het Zwin en op de brakwaterschorren langs de Zeeschelde komen strandkweekvegetaties eveneens voor op grote delen van de komgronden (Hoffmann, 1993; Van den Balck, 1994). Zilte rus wordt ook waargenomen aan de boord van bomtrechters en kreekjes (IJzermonding) (Goetghebeur 1976).

De bodem bestaat uit zand gemengd met slib of met een deklaag van slib, maar doorgaans is het slibgehalte van het substraat laag. Langs de Zeeschelde is de bodemsaliniteit relatief laag in relatie tot de andere schorregemeenschappen. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de dichtheid van de vegetatie en de nabijheid van de diepe krekken die de bodemverluchting en de uitloging van zouten bevordert (Elbana, 1993).

De standplaatsen van de Strandkweek-associatie is het zandrijkst binnen de associaties van het verbond; de bovenste horizont is vaak zandig met veel strooisel en humus, afkomstig van de wortels en bladeren van Strandkweek. Het zand onder de strooisellaag is gecompacteerd en kan roestvlekken vertonen rond de wortels van Strandkweek. De bodem onder de standplaatsen van Zilte rus kan hoge kleigehalten bevatten, waardoor ze vaak ook een relatief hoog gehalte aan stikstof en organisch materiaal (humus, compacte wortelmat) bevatten (Van den Balck, 1994). De strandkweekgemeenschappen zijn min of meer nitrofiel en optimaal ontwikkeld in (sterk) brakke milieus. Waar er een sterke accumulatie van strooisel optreedt, kunnen er zich ruigtekruiden ontwikkelen, zoals Spiesmelde.

Festuca rubra ssp. *littoralis* sterft volledig af na langdurige (8 dagen) zomeroverstroming. Binnendijs komt dit vegetatietype alleen voor in de directe nabijheid van de zee, op ruggen langs oevers van zilte wateren met wisselende waterstand.

In tegenstelling tot de strandkweekgemeenschappen kennen Zilte rus-gemeenschappen hun optimum onder (extensief) begrazingsbeheer door runderen of schapen, op slibrijke gronden met een compacte humeuze bovenlaag. Binnen dit type komt de variant met Zilte rus vooral op de nattere gronden voor, vaak op plaatsen met stagnerend water in de winter, terwijl op de drogere gronden *Festuca rubra* ssp. *littoralis* de overhand krijgt (Van den Balck, 1994).

De Zilte rus-gemeenschappen kunnen ook voorkomen op de overgang van schor naar duin, zoals in het Zwin het geval is (Van den Balck, 1994). Het voorkomen van deze gemeenschappen duidt tevens op het begin van de ontzilting. De standplaatsen zijn doorgaans iets zuurder dan die van de andere brakwatergemeenschappen. Dit hangt waarschijnlijk samen met de aanwezigheid van een (dikkere) strooisel- en humuslaag en de mineralisatie daarvan.

De overstromingsfrequentie van strandkweekvegetaties langs de Zeeschelde is lager dan 50% en vaak niet meer dan 20 %, wat min of meer overeenkomt met overstroming enkel bij springtij (Hoffmann, 1993).

Als de schorre hoog genoeg opslibt (resp. aanzandt), de bodem eerder zandig dan slibrijk wordt, de invloed van het zeewater sterk afneemt en de bodem daardoor een goede drainage en verluchting heeft, kunnen Strandkweek en Rood zwenkgras zich vestigen en ontwikkelen. Deze begroeiingen volgen in tijd en ruimte op de vegetaties van de lage schorren met Gewoon kweldergras en Gewone zoutmelde. Strandkweek is een onvermijdelijke vervanger van de gemeenschappen met Gewoon kweldergras en Gewone zoutmelde. Enerzijds is dit het gevolg van het natuurlijke successieproces, anderzijds kan deze toename plaatselijk in de hand gewerkt worden door ophoging van de bodem (bvb. door allerlei aanspoelsel of door inwaaien van zand). Op plaatsen die bij elk hoogtij overspoeld worden ontbreekt Strandkweek (Decler, 1986).

Ze kunnen op brakwaterschorren ook min of meer rechtstreeks volgen op de heenvegetaties met Spiesmelde. Dit is bijvoorbeeld het geval op het Groot buitenschoor langs de Zeeschelde

(Hoffmann, 1993). Op de brakwaterschor-oeverwallen worden deze gemeenschappen opgevolgd door rietgemeenschappen met ruderalementen op plaatsen die enkel nog vanuit de kreken overstroomd worden bij hoogtij (Elbana, 1993). In de komgronden worden ze opgevolgd door rietgemeenschappen met enkele zouttolerante soorten. Of dit ook het geval is op de zoutwaterschorren langs de IJzermonding en zou zijn in de te creëren schorren in scenario 3 (zie verder) is af te wachten, gelet op de niet onbeperkte zouttolerantie van Riet.

Strandkweek en *Festuca rubra* ssp. *littoralis* hebben een zeer dicht rhizoomnet waardoor alle andere soorten zo goed als uitgeschakeld worden. Beide soorten, maar vooral Strandkweek, vormen een dik stengel- en bladerenpakket. Slechts een hoge saliniteit (zeewater) weet de uitbreiding van Strandkweek tegen te houden (Decleer, 1986).

Een hoge zandtoevoer is nadelig voor de typische schorreplanten, maar bevordert de toename van o.a. Strandkweek (Van den Balck 1994). Ook nutriëntentoeename (vervuiling) heeft een invloed op de expansieve ontwikkeling van Strandkweek.

Vanuit natuurbehoudoogpunt zijn de soortenarme of vervuilde Strandkweek-gedomineerde vegetaties weinig interessant en op vele schorren vormen ze een groter wordend probleem. In het Zwin bijvoorbeeld werd op 4 jaar tijd een verdrievoudiging van dit vegetatietype (facies) vastgesteld (Eurosense, 1991). Het is aangewezen deze vegetaties deels terug te dringen, ten voordele van de meer kwetsbare, relatief soortenrijkere schorvegetaties. Het kan echter niet de bedoeling zijn dit vegetatietype volledig terug te dringen, gezien de schuil- en broedplaatsen dat het biedt aan allerlei soorten vogels en insecten. Het terreinbeheer kan bestaan uit plaggen, maaien en/of begrazen.

Maaien leidt tot snellere resultaten dan begrazing omdat de vereiste lichtcondities voor het kiemen van de meeste schorreplanten bij het afvoeren van het maaisel snel bereikt worden. Vee daarentegen heeft enige tijd nodig om het strooisel via vertrapping tot omzetting te laten komen. Indien men kiest voor een maaibeheer zal maaien in augustus het meest effectief zijn, vermits de bovengrondse biomassa van Strandkweek een maximum bereikt op het einde van de zomer en dus zal leiden tot een maximale afvoer van de bovengrondse massa (Bakker, 1989). Het maaisel wordt bij voorkeur onmiddellijk verwijderd. Een bijkomende maaibeurt in juni belet dat de planten zich volledig ontwikkelen. Indien enkel een maaibeheer gevoerd wordt zal *Festuca rubra* ssp. *littoralis* zich expansief ontwikkelen en zal het aantal soorten na verloop van tijd terug dalen. De uniforme structuur van de gemaaide vegetatie is minder interessant voor broedvogels en ongewervelden (Decleer, 1986, 1987). Er kan ook plaatselijk gemaaid worden, bij voorkeur gebeurt dit na het broedseizoen (Decleer, 1986).

Om deze redenen is een begrazingsbeheer of gecombineerd beheer de beste keuze. Begrazing met rundvee lijkt geschikt, aangezien dit Strandkweek eet (Bakker, 1989). Begrazing van de schorre veronderstelt wel dat een voldoende grote oppervlakte voorhanden is. Bij een bezetting van bijvoorbeeld 3 à 4 schapen/ha of 1 rund/ha is het aantal plantensoorten immers groter dan bij maaibeheer (Decleer, 1987). Bij begrazing door runderen wordt Strandkweek teruggedrongen ten voordele van zilte graslandvegetaties. Op de hoge delen zijn dit vooral Zilte rus, Melkkruid, Zeeweegbree, Fioringras; Op de lagere delen met Gewoon kweldergras, Gewone zoutmelde, Lamsoor, Zilte schijnspurrie en Gerande schijnspurrie. Aan de voet van de duinen en dijken kunnen Witte klaver, Zeevetmuur, Hertshoornweegbree, Dunstaart en Deens lepelblad zich vestigen (Bakker, 1989; Bakker & Ruyter, 1981).

Schapen eten geen dode (niet-groene) planten. Groene Strandkweek wordt wel gegeten, al geven schapen de voorkeur aan kweldergrassoorten en *Festuca rubra* ssp. *littoralis* (Leemans & Verspaandonk, 1975). Zwaar begraasde *Festuca rubra* ssp. *littoralis* vormt echter steeds nieuwe uitlopers (Bakker et al., 1993) zodat het dominantieprobleem van de ene soort naar de andere verlegd wordt. De dominantie van *Festuca rubra* ssp. *littoralis* laat echter wel meer kansen voor

andere planten dan Strandkweek. Strandkweekvegetaties kunnen bij begrazing in verschillende andere vegetatietypen overgaan. Begrazing heeft het voordeel dat korte, zowel als hoge strooiselrijke vegetaties in mozaïekvorm naast elkaar in stand worden gehouden, wat ook gunstig is voor de broedvogel- en ongewervelde fauna.

Invoer van begrazingsbeheer zou het herstel van een eeuwenoud gebruik van dit landschapselement betekenen. Bijzondere aandacht moet dan wel worden besteed aan de gevolgen van eventuele beheersactiviteiten voor het groot aantal en abundanties van diersoorten, die vaak een significante affiniteit vertonen met strooisel of dichte strandkweekvegetaties.

De Zilte rus-gemeenschappen zijn geschikt voor beweiding en lijken op de brakwaterschorren langs de Zeeschelde momenteel enkel te ontstaan onder begrazing of zomermaaien (Hoffmann, 1993). Begrazing doet de abundantie van de soort toenemen, alsook die van Gewoon kweldergras, Melkkruid en Zilte schijnspurrie (Bakker, 1989). Daar waar deze gemeenschappen verspreid tussen kreken liggen, is beweiding met vee of schapen praktisch niet mogelijk. Op sommige plaatsen (zoals in het Zwin te Knokke) wordt Zilte rus sterk begraasd door ganzen en konijnen.

2.4.3. De Habitatrichtlijn in de Hemmepolder

Toewijzing van de potentiële natuurtypes in de Hemmepolder aan door de habitatrichtlijn beschermde en preferentieel te behouden of ontwikkelen habitats

Tabel 2-11: omschrijving van natuurtype in habitatrichtlijn

| natuurtype | habitatcode | Omschrijving |
|---------------------------|-------------|--|
| Plantagini-Festucion | 2130 | Vastgelegde duinen met kruidvegetaties (grijze duinen) |
| Arrhenatherion | (6510) | Laaggelegen schraal hooiland |
| Lolio-Cynosurion | - | - |
| Lolio-Potentillion | - | - |
| Phragmition (zoet) | - | - |
| Phragmition (intertidaal) | - | - |
| Lemnion | - | - |
| Zannichellion | - | - |
| Salicornion | 1310 | Eenjarige pioniersvegetaties val slik- en zandgebieden met Salicornia soorten en andere zoutminnende planten |
| Spartinion | 1320 | Schorren met slijkgrasvegetaties (Spartinion) |
| Puccinellion maritimae | 1330 | Atlantische schorren (Glauco-Puccinellietalia maritimae) |
| Puccinellio-Spergularion | 1330 | Atlantische schorren (Glauco-Puccinellietalia maritimae) |
| Armerion maritimae | 1330 | Atlantische schorren (Glauco-Puccinellietalia maritimae) |
| Open water in estuarium | 1130 | Estuaria |
| slik | 1140 | Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten |

Hieruit blijkt dat alle intertidale habitats van scenario 3 onder de habitatrichtlijn vallen, dat de zilte graslanden (*Puccinellio-Spergularion*) van scenario 2 daar ook onder vallen en dat de duingraslanden (*Plantagini-Festucion*) eveneens onder de habitatrichtlijn vallen, maar dat de natte graslanden en overige droge en vochtige graslanden, die gecreëerd worden in scenario 1 en 2, geen “opwaardering” krijgen vanwege de habitatrichtlijn.

2.4.3.1. *Hemmepolder – potenties voor het voorkomen van habitatrichtlijnsoorten, soorten van de vogelrichtlijn*

- Bijlage II-soorten van de Habitatrichtlijn aanwezig in Vlaanderen
 - Geen van deze soorten is potentieel te verwachten in de Hemmepolder
- Selectie van Bijlage IV soorten van de Habitatrichtlijn die in Vlaanderen voorkomen
 - Scenario 1-2 Bufo calamita (Gewone Pad)
 - Scenario 1-2 Apium Repens (Kruipend Moerasscherm)
- Lijst van de vogelsoorten van Bijlage I van de EU-Vogelrichtlijn die in Vlaanderen voorkomen als broedvogel, overzomeraar, regelmatige doortrekker of wintergasten en die potentieel zouden kunnen voorkomen in minstens een van de scenario's voor de Hemmepolder.
 - scenario 1-2 Asio flameus (Velduil)
 - scenario 1-2 Philomachus pugnax (Kempfaan)
 - scenario 1-3 Falco peregrinus (Slechtvalk)
 - scenario 1-3 Luscinia svecica (Blauwborst)
 - scenario (1-3) Circus aeruginosus (Bruine kiekendief)
 - scenario 2-3 Recurvirostra avocetta (Kluut)
 - scenario 3 Egretta garzetta (Kleine zilverreiger)
 - scenario 3 Platelea Leucorodia (Lepelaar)
 - scenario 3 Pluvialis apricaria (Goudplevier)
 - scenario 3 Limosa lapponica (Rosse grutto)
 - scenario 3 Sterna sandvicensis (Grote stern)
 - scenario 3 Sterna hirundo (Visdief)

2.4.4. Scenario 1: “natte graslanden”, binnendijsk herstel van geulen en poldergraslanden met algemene vernatting zonder bijkomende verzilting

Drijvende krachten: grondwaterstanden in zomer en winter, overstromingsduur in de winter, grondwaterkwaliteit (zoet), beheer (begrazing, hooien), bodemtextuur

2.4.4.1. Avifaunistische overwegingen

Hier gelden in grote lijnen dezelfde verwachtingen als in het tweede scenario (zie 2.4.5). Soorten als Tureluur en Kluut hebben evenwel een voorkeur voor brakke biotopen (scenario 2) en zullen zich wellicht minder snel of minder talrijk vestigen. Omgekeerd zijn er een aantal soorten, dat een uitgesproken voorkeur vertoont voor zoetwaterbiotopen (Witgatje, Bosruiter,...) en die meer frequent (als doortrekkers) zullen waargenomen worden.

Het is ons onbekend in hoeverre de verschillen in bodemfauna (zowel qua soorten als biomassa) tussen zilte en zoete graslanden, implicaties hebben voor het voedselaanbod voor steltlopers en weidevogels.

In principe leent zich het hele gebied als hoogwatervluchtplaats mits de menselijke verstoring minimaal blijft, met enige voorkeur voor de plas-dras situaties. Overigens is uit het monitoringsonderzoek in het naastliggende IJzermondingsreservaat gebleken dat de door Hoffmann et al. (1996) vooropgestelde functie van de Hemmepolder als hoogwatervluchtplaats minder belangrijk is geworden. Het huidige reservaat biedt voldoende oppervlakte van hoogwatervluchtplaatsen om de vogelpopulatie vluchtgelegenheid te geven.

De verwachte ontwikkeling qua rietvegetaties (eerder als lijn- dan vlakvormig element) doet verwachten dat heel wat rietkraagminnende vogels hiervan kunnen profiteren. Voorbeelden zijn Blauwborst en Kleine Karekiet. Echte grote rietveldontwikkelingen zijn niet te verwachten, waardoor soorten als Bruine Kiekendief, Roerdomp, e.d. niet direct te verwachten zijn.

2.4.4.2. Mogelijke inrichtingsmaatregelen ten behoeve van avifauna

Voor eventuele inrichtingsmaatregelen ten behoeve van de avifauna verwijzen we naar de overwegingen onder het zilt-grasland-scenario (2.4.4) die in principe van dezelfde orde zijn.

2.4.4.3. Na te streven doelstellingen en natuurdoeltypes

1. Open landschap gedomineerd door graslanden, her en der afgelijnd met rietkragen langs grachten, eventueel lokaal met ruigere vegetaties en rietveldontwikkeling; vermijden van verstruweling en bosvorming
2. Differentiatie in 's winters overstroomde graslanden, die 's zomers oppervlakkig droog staan, 's winters en 's zomers onder water staande randen, grondwateronafhankelijke situaties, vermijden van overstroming van de hoger gelegen strandruggraslanden
 - a. Grazige hoogwatervluchtplaatsen met plas-drasomstandigheden → Lolio-Potentillion, Phragmition, lokaal Lemnion
 - b. 's Winters langere tijd overstromende, 's zomers begraasde graslanden met grondwaterfluctuaties → Lolio-Potentillion
 - c. Niet of nauwelijks overstromende hooilanden in bermen en op dijken → Arrhenatherion
 - d. Niet overstroomde, grondwater onafhankelijke begraasde graslanden op klei → Lolio-Cynosurion (met Veldgerst)
 - e. Her en der inslaggemeenschappen → pioniersgemeenschappen
 - f. Phragmition langs grachten en kreken, lokaal ter hoogte van stagnerend, permanent open water → rietmoeras (kleine oppervlaktes; het open graslandkarakter mag niet verstoord worden)

- g. Plantagini-Festucion (Festuco-Galietum veri) op de hoger gelegen strandruggonden

2.4.4.4. Hydrologische voorwaarden en globale ingrepen

1. Zoet grondwater
2. Overstromingsdifferentiatie binnen het terrein in functie van het bestaande reliëf hoogteligging tussen 3.80 m TAW en 5.00 m TAW), variërend van
 - a. overstroming in de winter gedurende meer dan 10 dagen, 's zomers tot 20-60 cm onder maaiveld
 - b. overstroming in de winter gedurende minder dan 10 dagen, 's zomers 20-100 cm onder maaiveld
 - c. geen overstroming in de winter, 's zomers > 20 cm onder maaiveld
3. Grondwaterstandsverhoging kan bereikt worden door opstuwing van het Geleed (kwel is nagenoeg afwezig in het gebied, grondwater zit in ecologische zin momenteel zeer diep), hiertoe zou ook integrale afgraving van het hele terrein kunnen overwogen worden, maar dit lijkt ons vooralsnog niet wenselijk, gelet op de enorme kostprijs ervan en de geringe meerwaarde ten opzichte van opstuwing;
4. Afgraving van een depressie in de schorgronden, ter bevordering van een min of meer langdurige plas-drassituatie tot in het late voorjaar;
5. Herprofilering van de oevers van het Geleed, vertrekkend van de grachtbodem met een maximum breedte van de geleidelijke oever op de rechteroever van 20 m en op de linkeroever 30m.

2.4.4.5. Vispassage

In dit scenario is een vispassage niet wenselijk aangezien er een scherpe grens behouden wordt tussen het zoet watersysteem en het zoutwatersysteem. De enige vissoort die dit verdraagt is de paling en die vereist, althans voor de volwassen dieren, geen speciale inrichting. Instroom van glasaal van zout naar zoet is theoretisch wel mogelijk maar volgens vispassagespecialisten van het IBW en het IN bestaat hiervoor (momenteel) geen specifieke inrichting. De inlandse migratie van glasaal gebeurt slechts af en toe, de seizoensgebonden en in plotse "golven". Vrije passage van zoet naar zoet is in dit natuurontwikkelingsproject niet haalbaar.

2.4.4.6. Ontsnippering

Scenario 1 kan in combinatie met extensieve landbouw gecombineerd worden. In functie van de rust bij vogels o.a. kunnen overbodige straten afgesloten worden voor het verkeer of zelfs afgebroken worden. De Wiegestraat, en een deel van de Alexisstraat gelegen tussen de Halvemaanstraat en de Boerderij kunnen ontmanteld worden. De boerderij blijft toegankelijk via de Schorrestraat.

2.4.4.7. Maatregelen zeewering

Om dit scenario te realiseren worden geen wijzigingen aangebracht aan de Halvemaandijk. Dit impliceert dat er geen veranderingen worden geïnduceerd in de zeewering t.o.v. de huidige toestand.

Derhalve heeft dit scenario geen impact op de veiligheidsimpacten inzake overstromingen vanuit de zee. Indien uit lopend onderzoek (Veiligheidsstudie Vlaamse Kust in opdracht van Afdeling Waterwegen en Kust), zoals beschreven in § 2.4.6.5, niet zou voldoen aan de geldende veiligheidscriteria, met name een beveiliging tegen een storm met een terugkeerperiode van 1000 jaar, dan wordt er van uitgegaan (in deze studie) dat de bevoegde overheid (Afdeling Waterwegen en Kust van AWZ) de nodige maatregelen zal treffen. De kosten van dergelijke

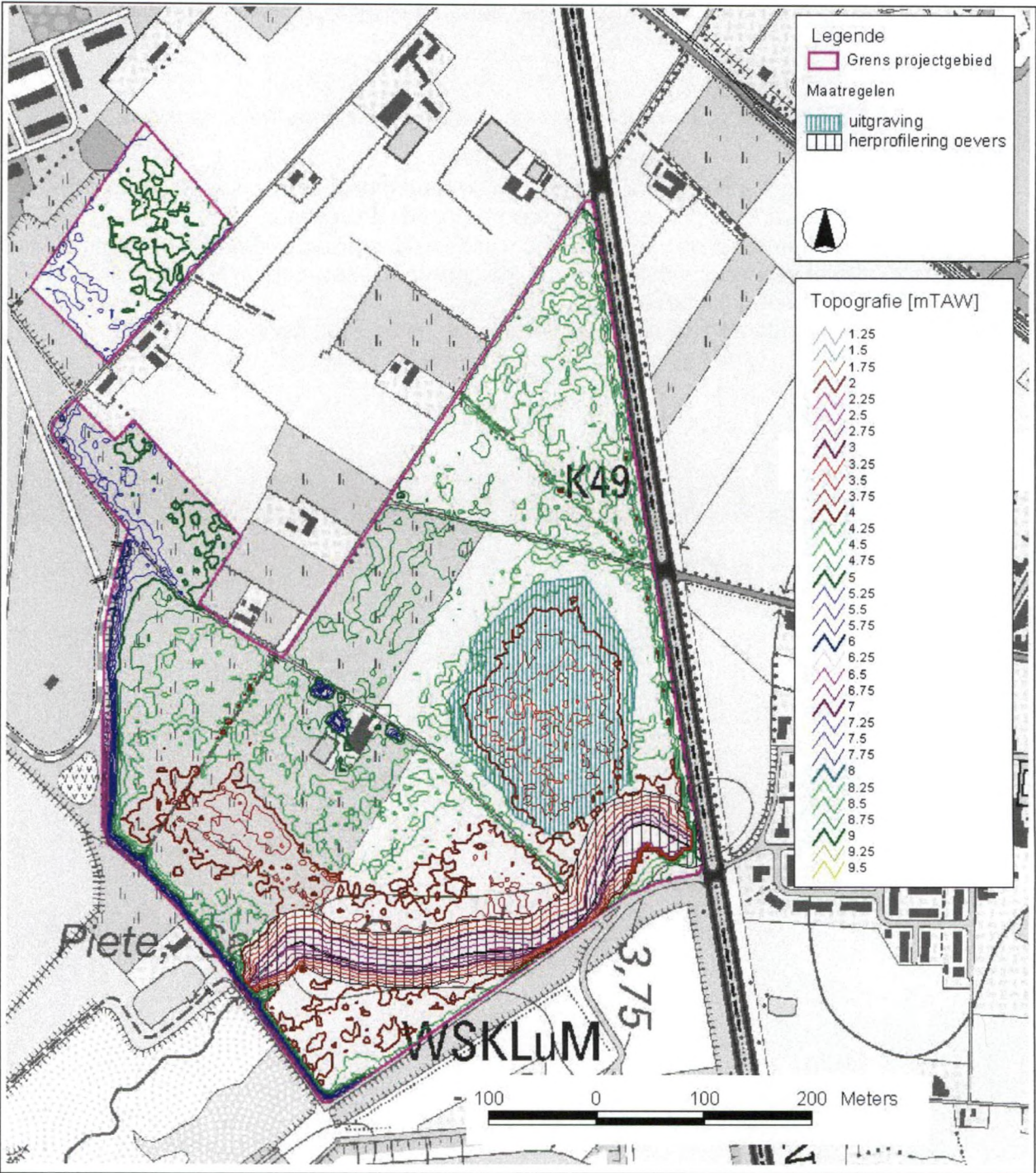
infrastructuuraanpassingen ter hoogte van de Halvemaandijk worden derhalve niet als een kost voor de realisatie van dit scenario beschouwd.

2.4.4.8. *Maatregelen*

In Figuur 2-73 zijn de mogelijke ingrepen aangeduid om de natuurontwikkelingsvisie te realiseren. Deze bestaan in:

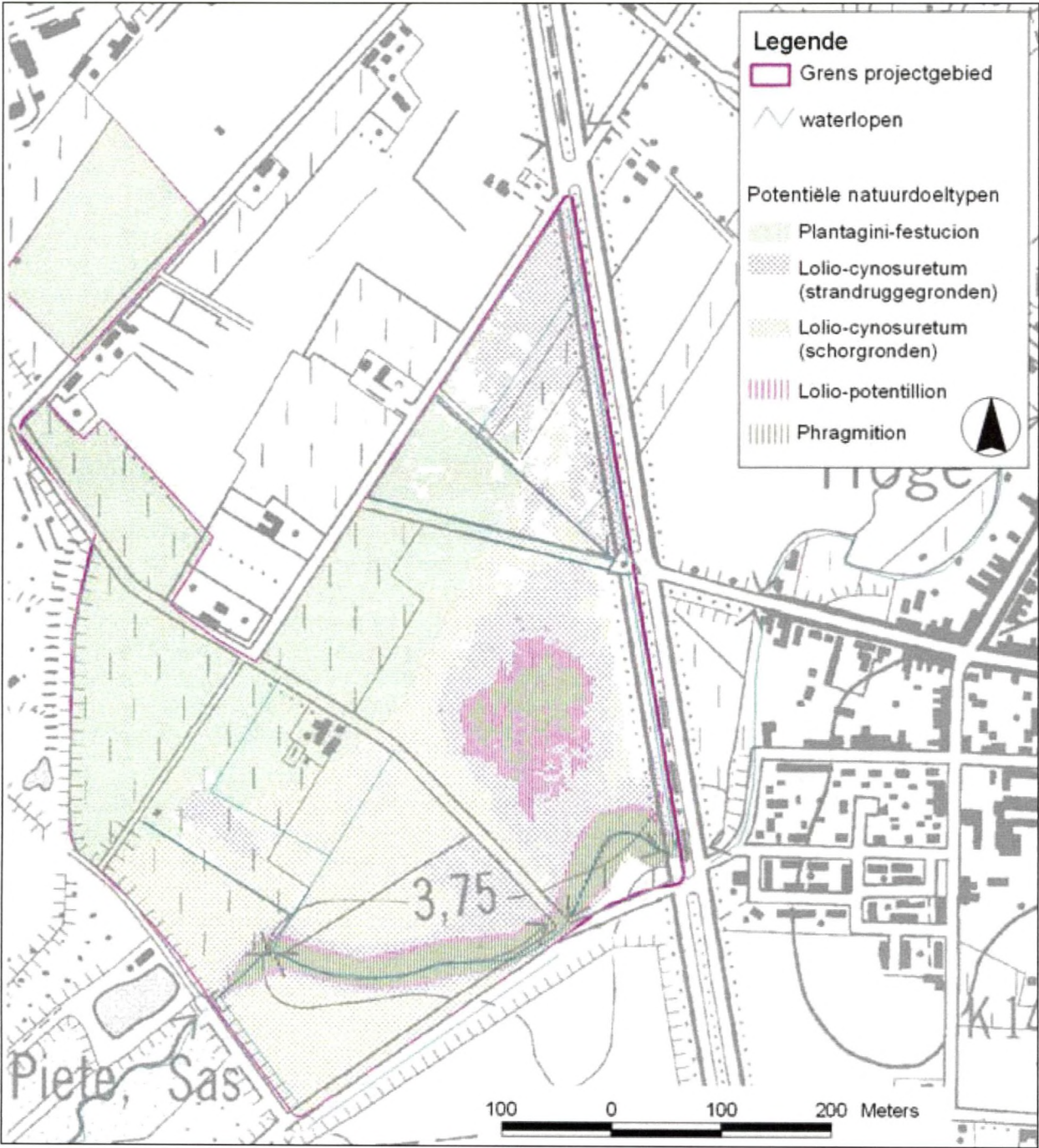
- de afgraving van een depressie in de schorgronden, ter bevordering van een min of meer langdurige plas-drassituatie tot in het late voorjaar;
- de herprofilering van de oevers van het Geleed, vertrekkend van de grachtbodem met een maximum breedte van de geleidelijke oever op de rechteroever van 20 m en op de linkeroever 30m.

In Bijlage 4 is een topografische kaart met dwarsdoorsneden toegevoegd.



Figuur 2-73: maatregelen in scenario 1 en scenario 2.

2.4.4.9. **Natuurontwikkelingsdoelstellingsplan**



Figuur 2-75: Potentiële natuurdoeltypen voor scenario 1 en scenario 2

De oppervlakte verdeling van de potentiële natuurdoeltypen is als volgt

| | | |
|----------------------------|---------|-----|
| • Plantagini-Festucion | 11.5 ha | 41% |
| • Lolio-Cynosuretum (zand) | 7.5 ha | 27% |
| • Lolio-Cynosuretum (klei) | 5.9 ha | 21% |
| • Lollo-Potentillion | 1.1 ha | 4% |
| • Phragmition | 1.8 ha | 6% |

2.4.5. Scenario 2: “natte zilte graslanden”, ontwikkeling van poldergraslanden met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie/aanvoer van zout water uit de Kreek van Lombardsijde

Drijvende krachten: grondwaterstandfluctuaties, grondwaterkwaliteit (fluctuaties in zoutgehalte), beheer (begrazing, hooien), bodemtextuur

2.4.5.1. *Avifaunistische overwegingen*

De ontwikkeling van natte, zilte graslanden kan voor meerdere vogelsoorten een geschikt foerageer-, rust- en broedgebied opleveren.

Om geschikt te zijn als foerageergebied moeten de graslanden voldoende vochtig zijn, bij voorkeur met veel plas-drassituaties en ondiepe plassen die langere tijd aanwezig zijn. Een variërend waterpeil biedt mogelijkheden voor de creatie van slikkerige stukjes die extra aantrekkelijk zijn voor voedselzoekende steltlopers. De meerwaarde van dit scenario ten opzichte van de huidige situatie ligt in het ontstaan van een biotoop dat ook foerageermogelijkheden biedt bij hoog water. Er wordt dan ook verwacht dat heel wat watervogelsoorten zich bij hoog water zullen verplaatsen van de slikken naar de natte graslanden. Vooral tijdens de korte winterdagen en tijdens koudeperiodes kan een verlenging van de foerageertijd bijdragen aan het voldoen aan de noodzakelijke energiebehoeftes.

Of het gebied in gebruik genomen zal worden als hoogwatervluchtplaats (HVP) valt af te wachten. Vooral bij winderige omstandigheden hebben steltlopers en andere watervogels de neiging om dieper landinwaarts te trekken waar ze meer beschut zitten. Mogelijk wordt ook een oplossing geboden voor een knelpunt dat zich momenteel voordoet bij geleide bezoeken aan het gebied bij hoog water. Excursies tot aan het binnenduin leiden stevast tot een grote verstoring van de belangrijkste actuele hoogwatervluchtplaatsen waarbij niet altijd voldoende alternatieve uitwijkgebieden beschikbaar zijn (de vogels blijven dan langdurig rondvliegen). Er kan verwacht worden dat in dergelijke omstandigheden de vogels gaan uitwijken naar de Hemmepolder (indien daar voldoende rust kan gegarandeerd worden).

Zilte en natte graslanden vormen voor diverse soorten weidevogels een potentieel geschikte broedbiotoop. Voorwaarde is een hoog waterpeil in het voorjaar en een extensief (begrazings- of maaibeheer). Te verwachten broedvogelsoorten zijn Tureluur, Scholekster en Kievit. Indien schaars begroeide terreintjes beschikbaar zijn met ondiepe plasjes, kunnen ook soorten als Kluut en Bontbekplevier verwacht worden. In eventuele rietvegetaties zullen zich wellicht soorten als Rietgors, Rietzanger, Kleine Karekiet, Blauwborst en Waterral vestigen.

2.4.5.2. *Mogelijke inrichtingsmaatregelen ten behoeve van avifauna*

- Het creëren van plas-drassituaties en overstroomde graslanden kan op twee manieren gebeuren: (1) het opstuwen van het water of (2) het verlagen van het maaiveld door afgraven. De eerste optie heeft het voordeel dat geen grondverzet nodig is maar is wat het resultaat betreft afhankelijk van de bestaande topografie. Nadeel daarbij is wellicht dat een gedeelte van het gebied gemakkelijk onder water loopt (door inlaten IJzerwater) maar ook even snel weer helemaal leeg loopt waarbij weinig of geen plassen overblijven. Bij afgraven kan meer variatie gecreëerd worden waarbij een gedeelte van het terrein niet alleen tijdelijk overstroomt bij de inlaat van IJzerwater maar waarbij ook voldoende plas-dras situaties en ondiepe plassen overblijven wanneer het water weer afgelaten wordt.

- Bij de eventuele herinrichting van Het Geleed kunnen ondiepe brede oeverzones gecreëerd worden (max. 30-50 cm diep) worden die foerageermogelijkheden bieden voor reigers en Lepelaar (indien vrijgehouden van rietontwikkeling) of die kunnen evolueren naar brede rietkragen (gunstig voor broedende rietvogels).

- Belangrijke randvoorwaarde is dat het al bij al vrij kleine gebied gevrijwaard wordt van (regelmatige) verstoring. Dus geen wandel- en fietspaden dwars door het gebied maar geconcentreerd aan de rand. Het afbreken van de hoeve kan bijdragen aan een grotere openheid van het gebied wat positief is voor water- en weidevogels.

2.4.5.3. Na te streven doelstellingen en natuurdoeltypes

1. Open landschap omgeven door een lage dijk en gedomineerd door zilte graslanden, her en der afgelijnd met rietkragen langs grachten, eventueel lokaal met ruigere vegetaties en rietveldontwikkeling; verstruweling of bosvorming zal normaliter niet optreden wegens verzilt grondwater;
2. Differentiatie in periodiek overstroomde graslanden, 's winters en 's zomers onder water staande randen, grondwateronafhankelijke situaties, absoluut (!) vermijden van overstroming van de hoger gelegen strandruggronden; verzilting is de belangrijkste drijvende factor, niet de overstromingsfrequentie
 - a. Grazige hoogwatervluchtplaatsen
 - b. Periodiek met zout water overstromende oppervlakte (het grondwater verzilt licht), het grondwater vertoont periodieke fluctuaties in zoutgehalte (cfr. Brakwaterschorren langs de Zeeschelde), 's zomers begraasde graslanden met grondwaterfluctuaties → Stomp kweldergrasverbond met Stomp kweldergras en Zilte schijnspurrie (Zwaenepoel et al., 2002: 29) en een aantal zoutwaterschorplanten, eventueel ook zilt Lolio-Potentillion met de associatie van Zilte zegge (Zwaenepoel et al., 2002: 74)
 - c. Periodiek met zout water overstromende (grondwater vertoont periodieke fluctuaties in zoutgehalte (cfr. Brakwaterschorren langs de Zeeschelde)), 'niet begraasde Zeebiesvelden
 - d. Niet of nauwelijks en alleen met zoet water overstromende hooilanden in bermen en op dijken → Arrhenatherion
 - e. Niet grondwaterafhankelijke begraasde graslanden op dijken → Lolio-Cynosuretum met Veldgerst
 - h. Her en der slikplaten met zouttolerante pioniersgemeenschappen (Verbond van Zeekraal)
 - i. Rietvegetaties langs grachten en kreken, lokaal ter hoogte van stagnerend permanent open water → gemengd riet- zeebiesmoeras (kleine oppervlaktes; het open graslandkarakter mag niet verstoord worden)
 - j. Strandkweekdominantie moet vermeden worden, maar is niet te verwachten in geval van voldoende intensief, seizoenaal graasbeheer
 - k. Plantagini-Festucion (Festuco-Galietum veri) op de hoger gelegen strandruggronden

2.4.5.4. Vispassage

Bij de realisatie van dit scenario kan een potentieel vispassage probleem optreden bij springtij. Men denkt echter dat wanneer bij springtij het water over de drempel stroomt vissen mee kunnen zwemmen, de grote stroomsnelheden en het verval tussen de drempel en de Hemmepolder vormen geen belemmering. De passage van vissen zeewaarts kan steeds wanneer het Pieter Sas wordt geopend bij laag tij. De vissoorten die hiervoor in aanmerking komen zijn Harder, Paling, Bot, en Brakwatergondel.

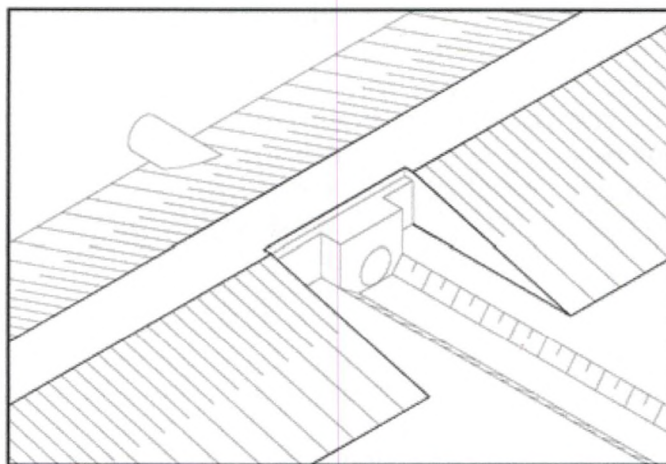
2.4.5.5. Ontsnippering

Door de verzilting zijn lanbouwactiviteit veel moeilijker combineerbaar met scenario 2 dan in scenario 1. In dit scenario kan zoals in scenario 1 de overbodige straten afgebroken worden. De

Wiegestraat, en de Alexisstraat gelegen tussen de Halvemaanstraat en Schorrestraat kunnen verdwijnen als de boerderij afgebroken wordt. Als de boerderij niet wordt afgebroken kunnen dezelfde maatregelen getroffen worden als in Scenario 1.

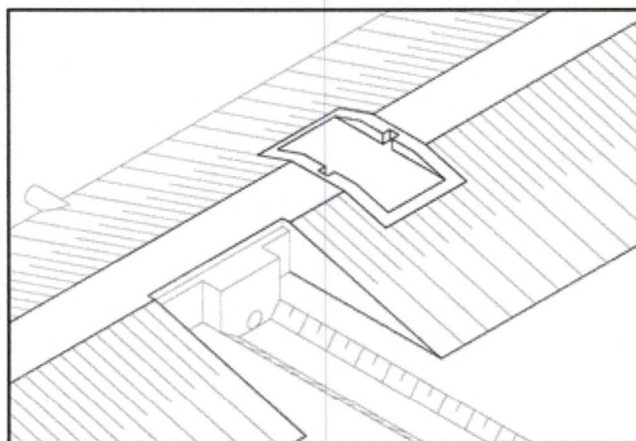
2.4.5.6. *Maatregelen zeewering*

Om dit scenario te realiseren worden geen intrinsieke wijzigingen toegebracht aan de Halvemaandijk en er wordt vanuit gegaan dat de zeewerende eigenschappen van de Halvemaandijk voldoende zijn. Toch zullen maatregelen moeten worden getroffen om zout water tot de Hemmepolder toe te laten. Zout water kan via de eventueel aangepaste ontwateringsbuis van het Piete Sas tot het projectgebied worden toegelaten. De diameter van deze buis hangt af van de hoeveelheid water dat men wenst tot te laten (Figuur 2-77).



Figuur 2-77: Zout water kan via (aangepaste) ontwateringsbuis tot de Hemmepolder worden toegelaten

Men kan zout water de Hemmepolder laten binnendringen door de dijk plaatselijk af te graven. Bij deze werken moeten de zeewerende eigenschappen van de dijk worden gegarandeerd en zullen eventuele bijkomende kosten om de zeewering tot het huidige peil te waarborgen door het project worden gedragen. Men kan bijvoorbeeld een constructie voorzien die toelaat schotbalken te plaatsen wanneer extreem hoge peilen worden verwacht. (Figuur 2-79)



Figuur 2-79: Zout water toelaten tot Hemmepolder via de bovenkant van de dijk.

2.4.5.7. *Hydrologische voorwaarden en globale ingrepen*

1. Verzilt grondwater door periodieke aanvoer van zout water vanuit de Kreek van Lombardsijde;
2. Opstuwing van Geleed is nodig om een hoge grondwaterstand te verzekeren en om te diepe verzilting te voorkomen (zie verder scenario 1).
3. Overstromingsdifferentiatie binnen het terrein in functie van het bestaande reliëf
4. Afgraving van een depressie in de schorgronden, ter bevordering van een min of meer langdurige plas-drassituatie tot in het late voorjaar;
5. Herprofilering van de oevers van het Geleed, vertrekkend van de grachtbodem met een maximum breedte van de geleidelijke oever op de rechteroever van 20 m en op de linkeroever 30m.
6. Opwerpen van een lage dijk langs de Kustweg, de Schorstraat en de Alexistraat met verbinding naar de noordelijke zanddijk (ter voorkoming van inundatie van de achterliggende strandruggronden met zilt water). Het grasland op strandruggronden vormt een zeer waardevolle vegetatie die geen overstromingen verdragen en moeten beschermt worden. Het is echter wenselijk een klei-zandgradiënt in zilt milieu te laten ontwikkelen. Het is mogelijk mits een gereduceerde tijwerking deze gradiënt in het projectgebied te laten ontwikkelen.

2.4.5.8. *Natuurontwikkelingsdoelstellingsplan*

De potentiële natuurdoeltypen zijn dezelfde als in scenario 1 (Figuur 2-75). De plantengemeenschappen van de natuurdoeltypen wijzigen echter door de zilte eigenschappen die in de Hemmepolder worden gecreëerd.

2.4.6. Scenario 3: “slik en schor”, ontpoldering door introductie van getijwerking.

Drijvende krachten: grondwaterstandfluctuaties, grondwaterkwaliteit (hoog zoutgehalte), beheer (begrazing, hooien), bodemtextuur.

2.4.6.1. Avifaunistische overwegingen

De ontwikkeling van bijkomende slikken biedt nieuwe foerageermogelijkheden voor steltlopers (vooral Tureluur en Bonte Strandloper) en Bergeend. Tijdens het monitoringprogramma MONAIJ, werden daarenboven volgende foeragerende vogels waargenomen (Devos & De Groote, 2004) in het nieuw gecreëerde intertidale gebied en de Kreek van Lombardsijde: Aalscholver, Scholekster, Bontbekplevier, Zilverplevier, Goudplevier, Kievit, Steenloper, Rosse grutto en Wulp.

De slikoppervlakte zal echter waarschijnlijk beperkt zijn en bijgevolg wellicht niet resulteren in een grote toename van bovenvermelde soorten in het gebied.

De nieuwe schorgebieden kunnen in principe een broedgebied vormen voor soorten als Tureluur, Scholekster, Kievit en Graspieper maar alleen als voldoende grote delen van het gebied droog blijven tijdens de volledige duur van de broedfase (hangt af van de topografie van het gebied) en als eventuele begrazing in de broedperiode zeer extensief is. Gezien het beschikbaar areaal aan geschikt broedhabitat in dit scenario wellicht zeer beperkt zal zijn, wordt geen grote aantallen broedvogels verwacht. Indien bepaalde schorgedeelten evolueren naar rietvegetaties zullen soorten als Rietgors, Kleine Karekiet en Bosrietzanger hiervan profiteren maar ook hier is het ontbreken van overstromingen in de broedperiode van belang.

2.4.6.2. Mogelijke inrichtingsmaatregelen ten behoeve van avifauna

- Het verhogen van een aantal terreingedeelten tot boven de hoogwaterlijn zodat ze potentieel geschikt worden als broedgebied en/of als hoogwatervluchtplaats.
- Het afgraven van bepaalde terreingedeelten zodat een grotere oppervlakte slik ontstaat (meer foerageermogelijkheden).

De hoogteligging van de Hemmepolder is van dien aard dat verwacht mag worden dat schorvegetatie snel tot ontwikkeling zal komen. De hoogte van het maaiveld van de huidige schorvegetaties langs de IJzer varieert tussen 3.05m TAW en 4.30m TAW voor Engels slijkgrasvegetaties (laagst gelegen schorvegetaties, bedekking Engels slijkgras > 10%) en tussen 4.05m TAW en 5.85m TAW voor strandkweekvegetaties (hoogste gelegen schorvegetaties). Ervaringen in de voormalige Selenapolder, nu Sieperdaschor aan de zuidrand van het Verdrongen Land van Saeftinge (Stikvoort, 2000) leren dat, vertrekkend vanuit een integrale landbouwsituatie, al na zeven jaar een voor schorren karakteristieke vegetatiezonatie optrad. De Selenapolder lag bij aanvang gemiddeld ca. 20 cm boven gemiddeld hoogwater, ter vergelijking, gemiddeld hoogwater aan de IJzer ligt op 4.45m TAW (metingen periode 1991-2000), terwijl de Hemmepolder gemiddeld op 4.50 TAW ligt, m.a.w. 5 cm boven gemiddeld hoogwater. Ook bij ontpolderingen van zomerpolders aan de kust van Friesland (Noard-Fryslân Bûtendyks) werd op zeer korte termijn schorontwikkeling vastgesteld (de Vries, 2004).

2.4.6.3. Vispassage

In dit scenario is geen enkel belemmering voor de passage van vissen in Hemmepolder. Vanaf het moment dat het waterpeil 2.65 mTAW in de Kreek van Lombardsijde bereikt bestaat een vrije verbinding tussen de zee en de Hemmepolder.

2.4.6.4. Ontsnippering

In dit scenario moet de Wiegestraat en Alexisstraat gelegen tussen de Halvemaanstraat en de Schorrestraat afgebroken worden. Dit is zeer gunstig voor de rust van (avi-)fauna. In plaats van deze straten kunnen slenken worden uitgegraven.

2.4.6.5. Maatregelen zeewering

Om dit scenario te realiseren moet een nieuwe zeewerende dijk opgericht worden zoals aangeduid in Figuur 2-89. Deze dijk heeft een totale lengte van 1.4 km. Het ontwerp van deze dijk is gebaseerd op volgende aannames.

Twee uitersten kunnen zich voordoen:

1. storm uit het noordnoordwesten, met maximale waterstanden : eens in de 1000 jaar kan een waterstand van 7m TAW in Nieuwpoort zich voordoen (IMDC, Hydrodynamisch randvoorwaardenboek Vlaamse Kust, 2005). Deze stormrichting staat loodrecht op de richting waarmee golven de dijk kunnen aanvallen. De maatgevende golfhoogte is dan ook verwaarloosbaar (<20 cm);
2. in het andere uiterste geval komt de wind uit het zuidwesten. Dergelijke stormen vanaf het land gaan niet gepaard met verhogingen van het waterniveau. Er kan dan ook gerekend worden met een waterstand van 5 mTAW. De 1000 jarige windsnelheid uit die richting bedraagt 33 m/s (statistiek op windmetingen in het meteo-park van Zeebrugge). Gesteld dat het bodemniveau voor de dijk 4 mTAW is, dan staat er dus ongeveer 1 m water in het huidige poldergebied. De maximale golfhoogte die onder deze condities kan voorkomen bedraagt 45 cm, met een piekperiode van 3 s.

Bij de berekening van kruinhoogtes dient bij de waterstand 30 cm bijgeteld te worden om rekening te houden met oscillaties door buistoten (Leidraad zee- en meerdijken, TAW, 1999).

Het overslagdebiet moet beperkt worden tot 1 l/s/m gesteld dat er een grasbegroeiing op de dijk wordt aangebracht of tot 0.1 l/s/m indien geen gras aanwezig. Bij dit laatste moet de dijk worden verhoogd.

De nodige kruinhoogte is:

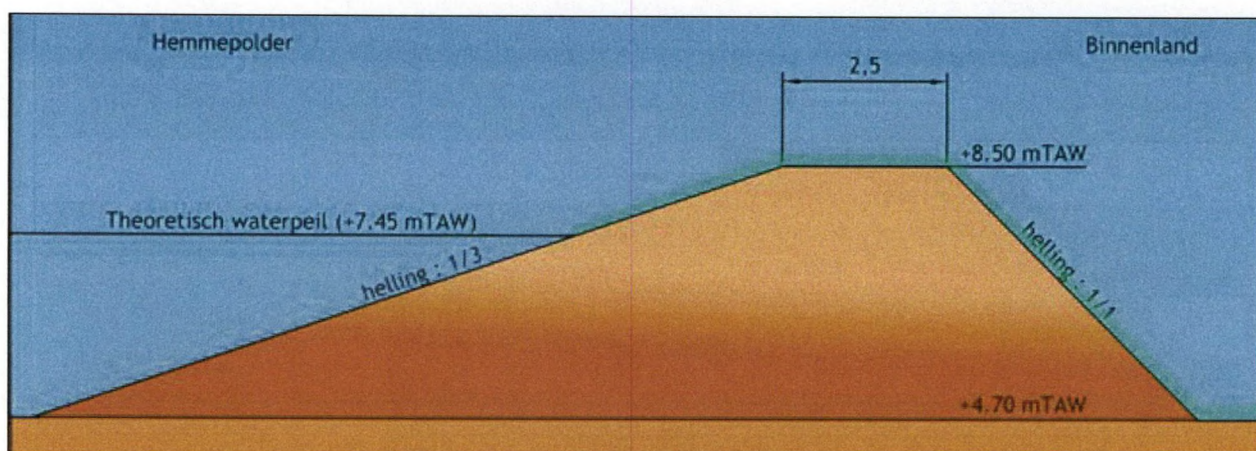
- Voor het geval van stormen van uit zee, is de dijkhoogte:
 - 7.75 mTAW wanneer grasbegroeiing op de dijk wordt toegebracht
 - 8 mTAW indien geen dijkbekleding
- Voor zuidwesten wind is de nodige dijkhoogte 7.1 m voor 0.1 l/s/m :
- om het overslagdebiet te beperken tot 1 l/s/m (gesteld dat er een grasbegroeiing op de dijk wordt aangebracht) of 0.1 l/s/m indien geen gras aanwezig

Stormen uit zee zijn dus kritischer. De dijkhoogte dient 7.75mTAW te zijn

De opgegeven hoogte is deze na zetting, die geschat kan worden op 10%

Het talud kan variëren tussen 1:1 en 1:3. Bij 1:1 dient met zeer hoogstaand materiaal gewerkt te worden en dient het buitentalud bekleed te worden met harde materialen.

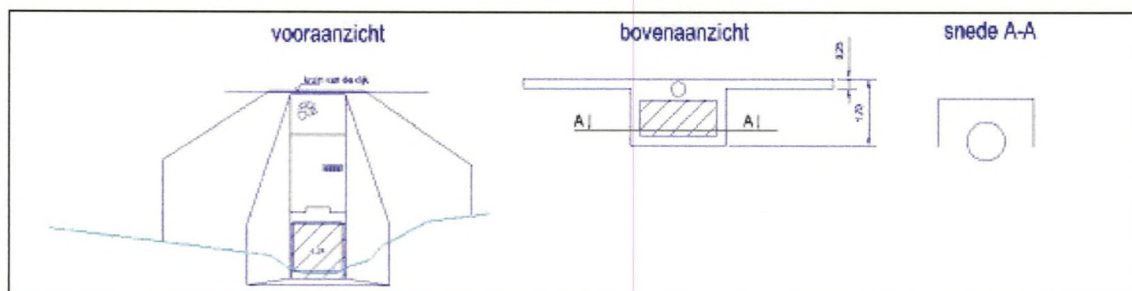
De voorgestelde dijk heeft bij aanleg een kruinhoogte van 8.5 mTAW om rekening te houden met zettingen die 10 % kunnen bedragen. Het zeewaartse talud heeft een helling van 1:3, het landwaartse talud heeft een helling van 1:1. De totale oppervlakte die aangewend moet worden om deze dijk aan te leggen is 2.5 ha. Een technische profieltekening is als Figuur 2-81 hieronder bijgevoegd.



Figuur 2-81: technische profieltekening van zeewerende dijk.

De dijk aan de Halvemaanstraat moet (deels) afgebroken worden evenals het Pietie Sas. Er moet een nieuwe uitwateringsconstructie gebouwd worden aan de Kustweg. Deze uitwateringsconstructie kan gevormd worden door een pompstation of een manueel bediende uitwateringsconstructie zoals het Pietie Sas (

Figuur 2-83).



Figuur 2-83: Technische tekening van nieuwe uitwateringsconstructie

2.4.6.6. Na te streven doelstellingen en natuurdoeltypes

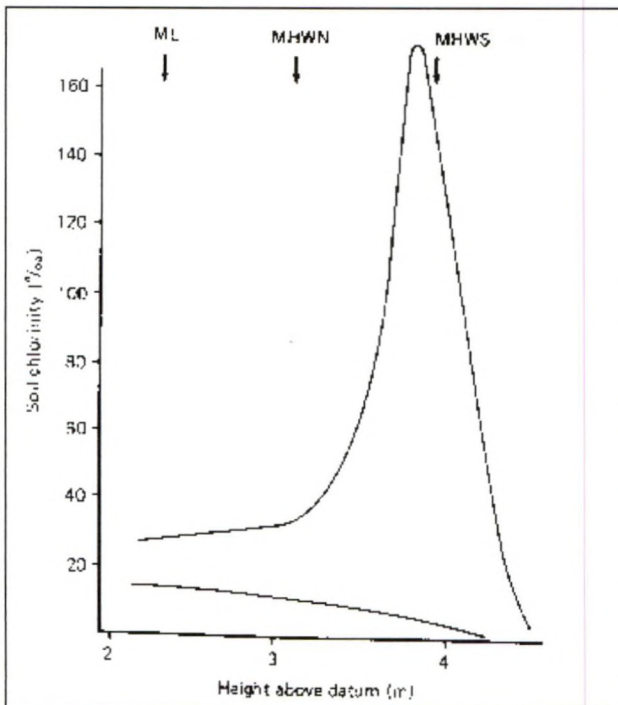
1. Open kommen-oeverwal-krekenlandschap omgeven door een relatief hoge, zeewerende dijk met een mozaïek van zilte pioniersgemeenschappen en zilte graslanden, op de hoogste delen met rietkragen langs krekens en grachten, eventueel lokaal met rietveldontwikkeling; verstruweling of bosvorming zal normaliter niet optreden wegens verzilt grondwater; te verwachten valt dat nieuwe geulvorming zal optreden langs het Geleed en met de noordwaarts verlopende korte depressie (zie kaart topografie), de huidige topografie doet vermoeden dat er een geleidelijke gradiënt van frequent overstroomd in de omgeving van het Geleed naar slechts bij springtij overstroomd in de noordelijke hoek van het gebied;
2. In weerwil van een mogelijke avifaunistische meerwaarde die een aantal ingrepen (zie boven) zouden kunnen bewerkstelligen, opteren wij hier voor een zo hoog mogelijke graad van spontaneïteit en achten het daarom niet aangewezen om terreingedeelten af te graven. Het huidige reliëf laat de ontwikkeling toe van de volledige gradiënt aan slik- en schormilieus.
3. Getijwerking verloopt zo natuurlijk mogelijk met overstromingsfrequentiegradiënten tussen 3.00 m TAW en 5.00 m TAW; de overstromingsfrequentie is DE drijvende factor in de

vegetatiedifferentiatie; begrazing wordt ingesteld bij dominatieneiging van Strandkweek (na zekere tijd van aanslibbing te verwachten vanuit de oeverwallen).

- a. Typische plantengemeenschappen van zoutwaterschorren, met name Zeekraal-, Zeeaster-, Lamsoorvegetaties, op de hogere delen met Strandkweekdominantie en op de iets minder zilte delen rietontwikkeling.
 - b. Begrazing (nadat het pioniersstadium voorbij is) zal de ontwikkeling van zilte graslanden van het Puccinellion maritimae en/of Armerion bevorderen
 - c. Zeewerende dijken met Arrhenatherion-gemeenschappen met Rietzwenkgras, bij begrazing door schapen eventueel ontwikkelend in de richting van Kamgrasland (Lolio-Cynosuretum)
 - d. Plantagini-Festucion (Festuco-Galietum veri) op de hoger gelegen strandruggronden
4. Het intertidaal maken van het gebied betekent dat een zeewerende dijk moet aangelegd worden rond het hele gebied. Indien men uitgaat van de hoogte van de zeewerende zanddijk aan de oostrand van het IJzermondingreservaat (hoogte tot maximaal 8.50 m TAW) als zeewerende hoogte van een dijk en indien men uitgaat van een zeewaartse helling van 12/4 en een landwaartse helling van 4/4, dan volstaat aan de zuidrand de dijk rond het Novus Portus complex, moet aan de oostrand langsheen de Kustweg een dijk aangelegd worden (ca. 650 m lang) en langs de noordrand langsheen de Schorstraat (ca. 500 m lang). De globale hoogteligging aan beide uiterste randen van het studiegebied is ca. 4.80 m TAW. Het dijklichaam krijgt daarmee een relatieve hoogte van ca. 3.70 m boven het maaiveld. De dijk langs de oostrand zou ca. 1.5 ha in beslag nemen, de dijk langs de noordrand zou ca. 1.00 ha van het studiegebied innemen; de dijkvegetatie zou een Arrhenatherion en/of Lolio-Cynosurion karakter hebben al naar gelang er hooi- of graasbeheer wordt toegepast. De aan te leggen dijk sluit best aan bij de bestaande noordwestwaarts gelegen zanddijk, dit om de achterliggende strandruggronden te vrijwaren van inundatie. In dit scenario is het aangewezen de centraal gelegen hoeve te ontmantelen, wegens het permanent dreigende overstromingsgevaar (alternatief is een ringdijk aanleggen rond hoeve met een toegangsweg via de Schorrestraat en het noordwestelijk deel van de huidige Alexisstraat) en de geringe functionaliteit van een hoeve temidden een intertidaal gebied zonder landbouweconomische betekenis.

2.4.6.7. Hydrologische voorwaarden en globale ingrepen

- Voldoende afwateringscapaciteit, opdat binnenkomend IJzerwater bij elk getij ook weer afgevoerd kan worden
- Fluctuaties in zoutgehalte van het bodemwater lijken weinig relevant; in andere schorgebieden kunnen die fluctuaties zeer hoog oplopen: Adam (1990) beschrijft de grote fluctuaties in Na-concentraties in het bodemwater in functie van de hoogteligging (zie Figuur 2-85). De Leeuw et al. (1992; Estuarine, Coastal and Shelf Science 32: 87-97) geeft variaties in bodemsaliniteit voor bvb. *Puccinellia maritima* (belangrijkste element van zilt grasland) tussen ca. 15 en 30 g NaCl/l (zie fig. 2.25). Uit onderzoek langs de Zeeschelde (ongepubl. data, M. Hoffmann), blijkt het EC van het bodemwater sterke fluctuaties te vertonen met maxima tot 600 mS/cm.

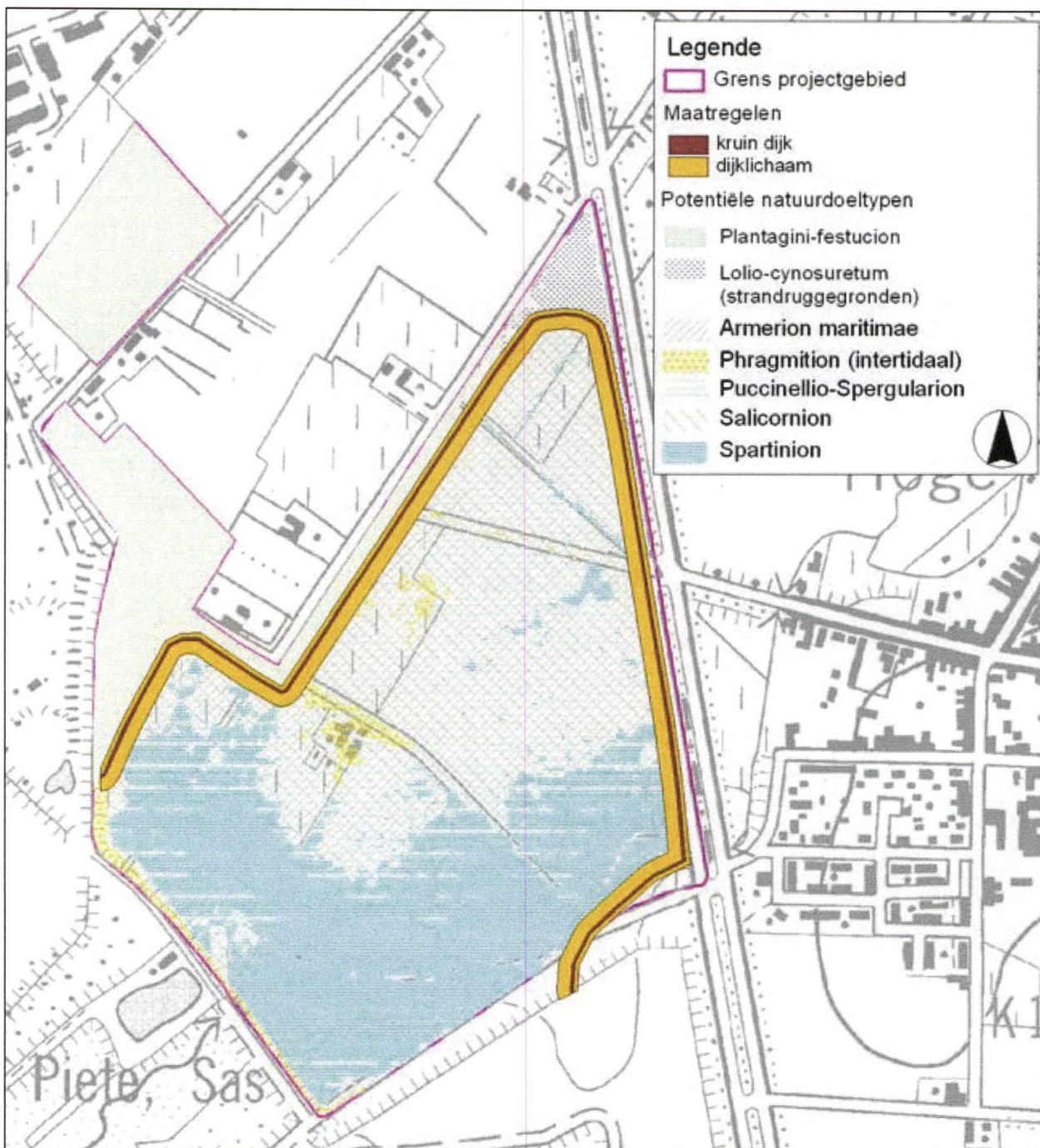


Figuur 2-85: Variatierange in bodemwater Na-concentratie in functie van hoogteligging op verschillende sites rond Morecambe Bay, NW-Engeland (uit Adam, 1990).

2.4.6.8. Natuurontwikkelingsdoelstellingplan

2.4.6.8.1 Natuurpotenties

In Figuur 2-89 zijn de natuurpotenties aangeduid. Deze zijn gebaseerd op de actuele topografie, het is waarschijnlijk dat de zone waar nu reeds Spartinion verwacht wordt een geul zal uiteroderen in verlenging van de Kreek van Lombardsijde.



Figuur 2-89: Potentiële natuurtypes voor scenario 3

In Bijlage 4 is een topografische kaart met dwarsdoorsneden toegevoegd. Voor scenario 3 is dit gelijk aan de bestaande toestand.

De oppervlakte van de verschillende vegetatiedoeltypen verdeelt zich als volgt::

- | | | |
|---|---------|-----|
| • Plantagini-Festucion | 5.0 ha | 18% |
| • Lolio-Cynosuretum (klei) | 0.5 ha | 2% |
| • Phragmition (intertidaal) | 0.6 ha | 2% |
| • Armerion maritimae en/of Puccinellio-Spergularion en/of Salicornion | 13.5 ha | 49% |
| • Spartinion | 8.2 ha | 29% |

Armerion maritimae, Puccinellio-Spergularion, Salicornion hebben in de IJzermonding dezelfde hoogteligging. Het optimum van voorkomen verschilt volgens de overstromingen en het beheer. Mits aangepast beheer kunnen de natuurdoeltypen in het reservaat voorkomen.

3. DEELOPDRACHT 2: UITWERKEN VAN EEN MATHEMATISCH MODEL EN TOETSING VAN DE NATUURONTWIKKELINGSPLANNEN

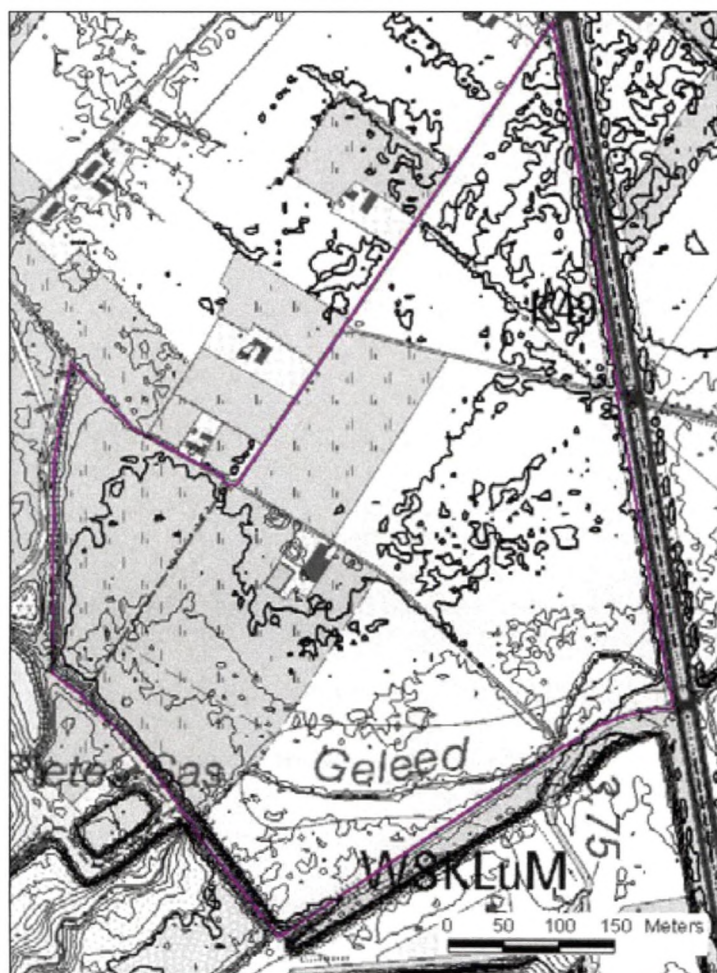
3.1. Modellen bestaande toestand

De onderstaande beschreven modellen moeten toelaten de verschillende basisstreefbeelden te vergelijken. Deze modellen worden eerst opgemaakt en afgeijkt voor de bestaande toestand en vervolgens gebruikt om de streefbeelden te onderzoeken.

3.1.1. Digitaal terreinmodel en opbouw ondergrond

Op basis van de gegevens die verzameld zijn, is een zo accuraat mogelijk digitaal terreinmodel opgebouwd.

Alle bestaande digitale hoogtemodellen, onder meer de gegevens van het project "IJzermonding", de digitale gegevens van de Afd. Waterwegen Kust, opgemeten via lasertechniek (vliegtuig), de gegevens van het digitaal hoogtemodel Vlaanderen, opgemeten in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium (in het kader van het bepalen van het veiligheidsniveau Vlaanderen) zijn aangewend om de topografie van het gebied te modelleren. Deze bestaande gegevens zijn aangevuld met de hoogtemetingen uitgevoerd in functie van dit project. Deze laatste bevatten de peilen van de wegenis in het projectgebied, de dwarssecties van het Geleed en de bathymetrie van de monding van Lombardsijde. Het resultaat van dit model is weergegeven in Figuur 2-5: Topografie van het projectgebied in hoofdstuk 2.1.2. In onderstaande figuur worden de hoogtelijnen in het gebied weergegeven. De dikkere lijn duidt TAW hoogte 4.5 m aan.



Figuur 3-1: Hoogtelijnen in projectgebied (hoogteverschil 0.5 m)

Anderzijds is op basis van de geïnventariseerde gegevens inzake opbouw van de ondergrond, een digitaal model opgebouwd van de verschillende karakteristieke lagen (cfr Figuur 2-17).

3.1.2. Hydrologisch model PDM (oppervlaktewater)

Voor de opbouw van het hydrologisch model is gekozen voor het modelleringsstelsel PDM (Probability Distributed Moisture). Het rekenhart van dit modelleringsstelsel werd in de loop van de jaren '80 ontwikkeld door R.J. Moore van het Britse Institute of Hydrology. De user interface van het model werd aangepast door HR Wallingford en de mogelijkheid tot automatische kalibratie werd toegevoegd.

Aan PDM werden in 2001 nog een aantal verbeteringen uitgevoerd waaronder het gebruik van een derde deelstroom (interflow), tussen de 2 klassieke deelstromen (trage of basisafvoer en snelle of oppervlakkige afvoer (Moore *et.al.*, 2001 - IMDC, 2002).

3.1.2.1. *Inventarisatie van de beschikbare meetreeksen*

Voor het Geleed zijn waren geen hydrologische meetreeksen opgesteld. Om inzicht te verwerven in het neerslag-afvoer gedrag zijn de waterpeilen, debieten, neerslagen en grondwaterpeilfluctuaties opgemeten. De evapotranspiratie werd berekend volgens de vergelijking van Hargreaves (1985); de inputgegevens zijn de KMI-gegevens van Koksijde en de maandelijkse waarde voor extra-terrestrische straling ter hoogte van de breedtegraad 50°NB (bron Allen *et al.*, 1998). Vanaf juli 2004 zijn de gegevens van 2002 gebruikt omdat de KMI-gegevens van Koksijde nog niet gepubliceerd zijn voor deze periode.

Voor het beschouwde gebied is het geheel van de meetreeksen beperkt tot de tijdreeksen van de getijwaarnemingen in de IJzergeul (Nieuwpoort) en een neerslagreeksen in Middelkerke omdat geen waterstandsmetingen in het Geleed ter beschikking zijn buiten deze van de meetcampagne.

3.1.2.2. *Algemene kenmerken*

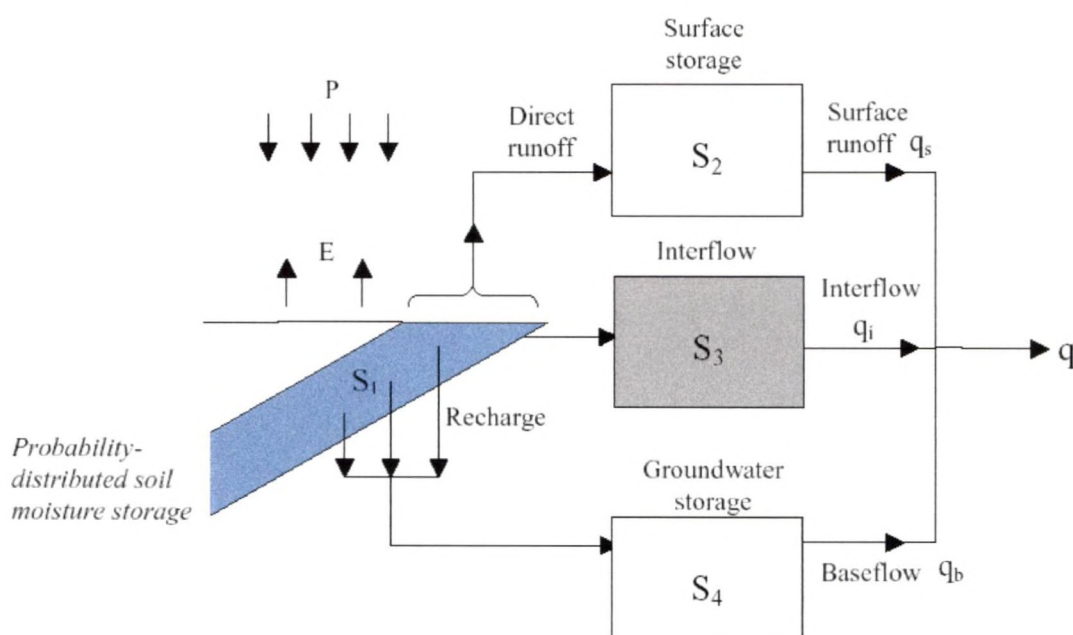
Het model PDM heeft de volgende belangrijke eigenschappen:

1. Het PDM model is conceptueel: Dit betekent dat het gebaseerd is op een vereenvoudigd concept voor de beschrijving van het neerslag-afvoer proces. Deze fysische beschrijving van het neerslag-afvoer proces is echter onvoldoende opdat de parameters uit (directe of indirecte) metingen zouden kunnen worden afgeleid. Praktisch betekent dit dat het model zal moeten worden gekalibreerd en gevalideerd. De parameterwaarden die uit kalibratie volgen moeten echter wel fysisch realistisch zijn.
2. Het PDM model is geconcentreerd of 'gebiedsgemiddeld'. Dit wil zeggen dat dezelfde parameterwaarden gelden voor het hele bekken of subbekken. Deze waarden kunnen geïnterpreteerd worden als gemiddelde waarden voor het beschouwde bekken of subbekken. Men kan de ruimtelijke variabiliteit van de parameterwaarden vergroten door meer subbekkens te definiëren. Het heeft echter weinig zin meer subbekkens te definiëren dan dat er meetpunten zijn, omdat die toch niet kunnen worden gekalibreerd.
3. Het PDM model is continu. Het model genereert continue tijdreeksen van afvoer op basis van continue tijdreeksen van neerslag en potentiële evapotranspiratie.

3.1.2.3. Beschrijving

Het PDM-model (Probability Distributed Moisture) is een conceptueel neerslag-afvoermodel geschikt voor continue simulaties. Als belangrijkste kenmerk heeft PDM het gebruik van een verdelingsfunctie voor de 'soil moisture store capacity', zodat niet langer met één conceptueel bodemreservoir wordt gerekend, maar met een ganse populatie ervan. Dit laat op zijn beurt toe om de dynamische aangroei van runoff genererende gebieden in rekening te brengen (het zgn. variable source area concept), zonder dat deze gebieden expliciet lokaliseerbaar zijn.

PDM omvat eigenlijk een ganse familie van modellen aangezien de flexibele modelopbouw toelaat om te werken met verschillende formules voor de grondwatervoeding, verschillende verdelingsfuncties voor het bodemreservoir en verschillende lineaire en niet-lineaire reservoir modellen voor de routing, enz.



Figuur 3-3: Schematische voorstelling van de werking van het hydrologische model PDM.

Het model is echter steeds opgebouwd uit drie onderling verbonden bergingen (of reservoirs), die fysische elementen van het stroombekken voorstellen: de onverzadigde zone, de berging op het oppervlak en het grondwaterreservoir. Tijdens de berekening wordt continu de vochttoestand in de verschillende bergingen bijgehouden. De opbouw van het model wordt geïllustreerd in Figuur 3-3. De processen die plaatsgrijpen in elk van de drie reservoirs worden in wat volgt in meer detail besproken.

De onverzadigde zone wordt voorgesteld door een verzameling van kleine individuele opslagzones elk met hun eigen maximale opslagcapaciteit. De verdeling van de opslagcapaciteit in het beschouwde stroomgebied wordt voorgesteld door een kansverdelingfunctie. In het PDM model worden verscheidene kansverdelingfuncties aangeboden, waarvan de Pareto distributie het meest toepasselijk wordt geacht.

De opslagcapaciteit bepaalt in belangrijke mate de verdeling van de neerslag over evapotranspiratie, oppervlakkige afvoer en grondwatervoeding. Een zone met een lage

opslagcapaciteit zal sneller verzadigd raken en bijgevolg sneller aanleiding geven tot oppervlakkige afstroming. Een zone met hoge opslagcapaciteit zal minder snel verzadigd raken, zodat er meer tijd is voor afstroming via de grondwatertafel.

De evapotranspiratie voor de individuele opslagzone i is een functie van de potentiële evapotranspiratie en de verzadigingsgraad van de onverzadigde zone:

$$\frac{E_i'(t)}{E_i(t)} = 1 - \left[\frac{S_{\max} - S_i(t)}{S_{\max}} \right]^{b_e}$$

Waarbij:

S_{\max} = de maximale opslagcapaciteit in de onverzadigde zone (mm)

$S_i(t)$ = de opslag op tijdstip t (mm)

E_i = de evapotranspiratie op tijdstip t (mm/h)

E_i' = de potentiële evapotranspiratie op tijdstip t (mm/h)

b_e = exponent (-)

De parameter S_{\max} is functie van de parameters c_{\max} en c_{\min} respectievelijk de maximale en de minimale opslagcapaciteit voor een individuele opslagzone en b een exponent die de ruimtelijke variabiliteit ervan weergeeft.

De drainage naar het grondwaterreservoir voor de individuele opslagzone i wordt voorgesteld als een functie van de verzadiging in de onverzadigde zone (PDM biedt nog andere mogelijkheden voor de beschrijving van de grondwatervoeding maar dit is de meest gangbare):

$$d_i = \frac{1}{k_g} (S(t) - S_i)^{b_g}$$

Waarbij:

d_i = drainage naar het grondwaterreservoir (mm/h)

k_g = tijdsconstante voor drainage ($\text{h}/\text{mm}^{b_g-1}$)

S_i = minimale verzadiging van de onverzadigde zone waaronder geen drainage plaatsvindt, ook veldcapaciteit genoemd (mm)

b_g = exponent (-)

Rekening houdend met evapotranspiratie en grondwaterdrainage bedraagt het netto neerslagoverschot voor de individuele opslagzone i :

$$\pi_i = P_i - E_i' - d_i$$

Als de opslagcapaciteit van de betreffende opslagzone i nog niet is bereikt, wordt deze netto neerslag gebruikt voor het aanvullen van de onverzadigde zone. In het andere geval wordt de neerslag geborgen in de 'berging op het oppervlak'.

Via de berging op het oppervlak wordt de neerslag gerout als oppervlakkige afstroming. Het reservoir voor de oppervlakteberging kan op verschillende manieren worden voorgesteld: lineaire berging, kwadratische berging, kubische berging of 2 lineaire reservoirs in serie. Voor de meeste stroombekkens is een lineaire berging de beste optie:

$$q_s(t) = \frac{1}{k_1} S_2(t)$$

Waarbij:

q_s = de oppervlakkige afstroming (mm/h)

$S_2(t)$ = de berging in het oppervlaktereservoir (mm)

k_1 = de tijdsconstante van de oppervlakkige afstroming (h)

In PDM is er ook de mogelijkheid om interflow te simuleren, waardoor er twee bijkomende parameters gekalibreerd dienen te worden.

Ook de grondwaterstroming naar de waterloop, ook basisafvoer genoemd, kan door verschillende types van reservoirs worden voorgesteld. Doorgaans wordt ook hier een lineaire vergelijking gekozen om de relatie tussen de basisafvoer en de verzadiging van het grondwaterreservoir voor te stellen:

$$q_b(t) = \frac{1}{k_b} S_4(t)$$

Waarbij:

q_b = de grondwaterstroming of basisafvoer (mm/h)

k_b = de tijdsconstante voor basisafvoer (h/mm^{m-1})

$S_4(t)$ = de berging in het grondwaterreservoir (mm)

Bij de berekening van de basisafvoer kan rekening worden gehouden met een constante aanvoer of abstractie via de parameter q_c .

De factor f_c (rainfall factor) geeft aan hoeveel procent van de neerslag ook werkelijk op het stroomgebied terecht komt (meestal met als waarde 1).

Optioneel kan ook gebruik gemaakt worden van een derde deelstroom, naast de oppervlakkige en de basisafvoer, namelijk interflow. In dat geval wordt in het model gebruik gemaakt van een vierde reservoir, naast de drie bovenvermelde reservoirs. Dit reservoir kan voorgesteld worden als een lineaire berging, kwadratische berging, kubische berging of een exponentiële berging. Twee bijkomende parameters dienen gekalibreerd te worden namelijk:

ki = de tijdsconstante van de interflow (h/mm^{m-1})

fi = de interflow factor ($0 < fi < 1$), (d⁻¹)

3.1.2.4. **Te kalibreren parameters**

Uit voorgaande volgt de volgende lijst van te kalibreren parameters:

Tabel 3-1: Parameters PDM model.

| <u>Voor de neerslag en evaporatie:</u> | |
|--|---|
| f_c | neerslagfactor |
| b_e | exponent in de functie voor de evapotranspiratie |
| <u>Voor de onverzadigde zone:</u> | |
| c_{max} en c_{min} | de maximale en minimale opslagcapaciteit |
| b | exponent die de ruimtelijke variabiliteit van de opslagcapaciteit weergeeft |
| <u>Voor het grondwaterreservoir:</u> | |
| k_g | tijdsconstante voor grondwatervoeding |
| S_t | de veldcapaciteit |
| k_b | tijdsconstante voor basisafvoer |
| b_g | exponent voor de capaciteit van de grondwatervoeding |
| q_c | constante aanvoer of abstractie van grondwater |
| <u>Voor het oppervlaktereservoir:</u> | |
| k_1, k_2 | tijdsconstante voor oppervlakkige afstroming |
| <u>Voor interflow (optioneel)</u> | |
| k_i | tijdsconstante interflow |
| f_i | interflow factor |

3.1.2.5. **Methode van kalibratie**

Zoals hoger vermeld, dienen conceptuele modellen, zoals PDM, te worden gekalibreerd en gevalideerd aan tijdreeksen van modeluitvoer. Tijdens zulke kalibratie worden optimale waarden voor de parameters van het hydrologische model gezocht. Een goed gekalibreerd en gevalideerd model moet aan een aantal voorwaarden voldoen:

- Het extrapolierend vermogen (zowel voor piekdebieten als bergingsvolumes) van de parameterset moet voldoende groot zijn.
- De waarde voor R^2 moet zo hoog mogelijk zijn.
- De visuele overeenkomst moet goed zijn.
- De parameters moeten een zekere fysische relevantie hebben.

Uit de theoretische modelbeschrijving volgt dat een groot aantal parameters beschouwd kunnen worden voor de kalibratie en dat er voor de verschillende hydrologische processen een keuze bestaat tussen verschillende modelstructuren. Vooral omwille van fysische relevantie zullen vooraf reeds een aantal modelstructuren worden gekozen en een aantal parameters gelijk gesteld worden aan hun standaardwaarde (of aan waarden die algemeen in Vlaanderen worden aangenomen) en dus niet betrokken worden in de kalibratie.

De modelstructuur wordt vastgezet overeenkomstig de ervaringen van AMINAL met het PDM model. Dit zijn ook de standaardinstellingen van het model.

- Moisture storage distribution: Pareto
- Recharge and runoff: standard
- Surface flow: linear cascade of linear storage
- Base flow: cubic storage

Hierdoor zijn de volgende parameters te kalibreren

- Rainfac, b_e : neerslag en evaporatiemodel
- c_{max} , b , c_{min} , S_t : berging ondergrond
- k_1 en k_2 : routing snelle deelstroom
- k_b , k_g , b_g : routing trage deelstroom
- eventueel q_{const} , $tdly$

Een aantal van deze parameters krijgen in normale omstandigheden een vaste waarde:

- Rainfac = 1
- $b_e = 2.5$
- $b_g = 1$

De kalibratie van de overige parameters gebeurt als volgt:

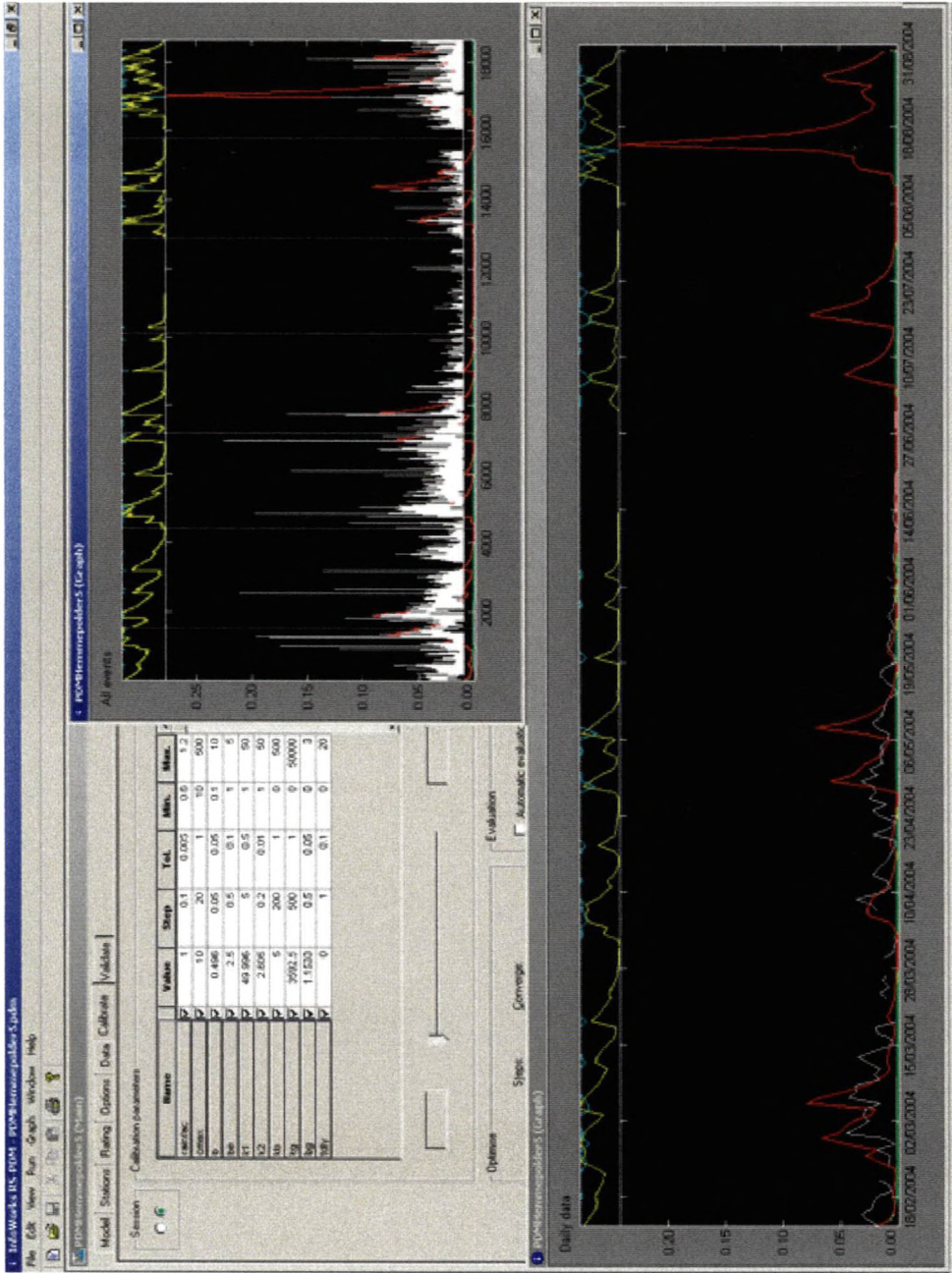
- De parameters c_{max} , c_{min} en b worden zodanig vastgelegd dat het verzadigingsgehalte tijdens de natte wintermaanden een maximale waarde bereikt en tijdens droge zomerperioden naar zeer lage waarden daalt. Daarnaast mag het verzadigingsgehalte normaal geen al te snelle variaties ondergaan. De parameter b krijgt de waarden 0.5, 1.0, 1.5 of 2.0. c_{min} is ongeveer 10% van c_{max} .
- De parameters k_b , k_g worden visueel gekalibreerd waarbij voornamelijk de baseflow een 'normaal' verloop moet kennen.
- De parameters k_1 , k_2 en in beperkte mate de voorgaande parameters worden visueel gekalibreerd, zodanig dat de gesimuleerde piekdebieten en volumes van een aantal belangrijke hydrogrammen overeenstemmen met de waargenomen. Voor die hydrogrammen waarbij men weet dat zich overstromingen voordoen, mogen de gesimuleerde piekdebieten groter zijn dan de waargenomen pieken, de volumes moeten echter wel gerespecteerd worden.
- De twee overige parameters (q_{const} , $tdly$) worden enkel gebruikt indien met de vorige parameterset geen goede resultaten werd bekomen. Wanneer er bijvoorbeeld een gekende artificiële invloed is kan men met het toevoegen van een constant debiet (q_{const}) de resultaten verbeteren.

Voor de kalibratie van deelstroomgebieden met een beperkte tijdreeks wordt uitgegaan van het gekalibreerd model van het stroomgebied. Alle parameters blijven behouden behalve parameters k_1 en k_2 . De artificiële invloed in deelstroomgebieden kan relatief groter zijn, waardoor er ook een aanpassing van parameter q_{const} nodig kan zijn. Met het wijzigen van andere parameters dient voorzichtig omgesprongen te worden gezien de beperkte duur van de meetcampagne.

3.1.2.6. Opzetten en kalibreren van het hydrologisch model (PDM)

Voor het opzetten en kalibreren van het hydrologisch neerslag-afvoermodel PDM wordt de standaard methode gevolgd. Hierbij kan enkel gebruik gemaakt worden van de resultaten van de debietmeetcampagne.

De gegevens uit de meetcampagne kunnen niet aangewend worden om het PDM model te kalibreren. De invloed van het Piete Sas op de hoogtes en de debieten in het Geleed ter hoogte van het projectgebied zoals aangetoond in hoofdstuk 2.1.7 is erg groot. De gemeten debieten geven de afstroming uit het stroombekken niet weer zoals bij een PDM calibratie gewenst is maar enkel de uitwatering van het Geleed naar de kreek van Lombardsijde. Er is beslist om de parameters te gebruiken volgens de hydrologische regio (Voet, 2000 in het algemeen bestek van de oppervlaktekwantiteitsmodelleringen 2002 uitgegeven door het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Water). Figuur 3-5 toont het resultaat van deze keuze.



Figuur 3-5: simulatieresultaten voor het Geleed aan de Schoolstraat in Lombardsijde

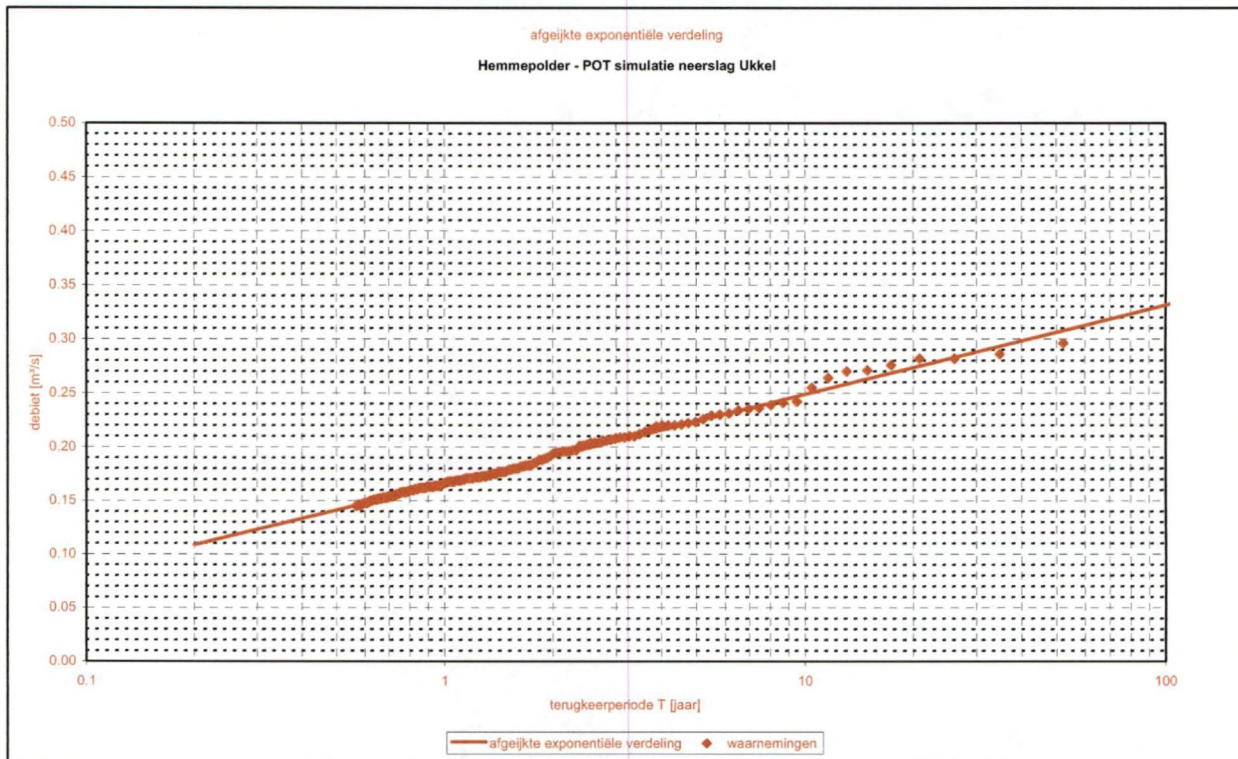
3.1.2.7. Hydrogramsequentie

Het is de bedoeling van deze hydrologische studie om te komen tot een hydrogramsequentie op basis waarvan toekomstige maatregelen in het stroombekken kunnen geëvalueerd worden. Om de kans op voorkomen van extreme rivierstanden te schatten, kan een langdurige tijdreeks van uurlijkse neerslag die representatief is voor het stroomgebied gesimuleerd worden. Deze neerslag kan zowel historisch als synthetisch zijn. Voor Vlaanderen is de 100-jarige (intussen 104 jaar) historische neerslagreeks van Ukkel (1897-2003) de langste neerslagtijdreeks die beschikbaar is. Dit is weliswaar niet de neerslagreeks die werkelijk in het stroomgebied van het Geleed gevallen is, maar de statistische informatie die in deze reeks vervat zit kan als representatief beschouwd worden voor een groot deel van Vlaanderen. Door deze 100-jarige neerslagreeks van Ukkel te simuleren met het hydrologische PDM model wordt een 100-jarige debietreeks bekomen. Deze debietreeks wordt vervolgens aan een statistische analyse onderworpen, waarbij het extrapolerend karakter van het gekalibreerde hydrologisch model wordt onderzocht.

3.1.2.8. Frequentieanalyse van hoogwaterafvoeren: piekdebieten

De frequentieanalyse van een hydrologische variabele (piekdebiet of bergingsvolume) is een statistische methode om uit een gegevensreeks het verband te bepalen tussen de grootte van de variabele en de herhalingsperiode ervan. De toepassing van dit verband is vooral van belang bij extrapolaties buiten de historische reeks.

Voor de frequentieanalyse zullen de berekeningen van de extreme waarden visueel via zogenaamde QQ plots worden voorgesteld zodat beslissingen omtrent het type verdeling en de optimale drempelwaarde boven dewelke de verdeling geldt eenvoudig visueel genomen en gecontroleerd worden. Uit deze analyse blijkt dat de exponentiële verdeling blijkt de best fittende verdeling te zijn. (Figuur 3-7)



Figuur 3-7: Hemmepolder frequentieanalyse van debieten gegenereerd met 100jarige neerslag in Ukkel

De terugkeerperiode van de te verwachten piekdebieten zijn in Tabel 3-2 weergegeven. Het Geleed kan deze piekdebieten gemakkelijk verwerken. Ze kunnen wateroverlast veroorzaken wanneer het Piete Sas gesloten moet blijven wanneer een hoge afvoergolf voorkomt.

Tabel 3-2: terugkeerperiode van piekdebieten in Hemmepolder

| Terugkeerperiode [jaar] | Debiet [m³/s] |
|-------------------------|---------------|
| 0.2 | 0.11 |
| 0.5 | 0.14 |
| 0.8 | 0.16 |
| 1 | 0.17 |
| 2 | 0.19 |
| 5 | 0.22 |
| 10 | 0.25 |
| 25 | 0.28 |
| 50 | 0.31 |
| 100 | 0.33 |
| 500 | 0.39 |

3.1.2.9. Opstellen van de hydrogramsequentie

Uit de 100-jarige gesimuleerde debietreeks werden een groot aantal wassen geselecteerd om de hydrogramsequentie op te maken (Tabel 3-3). Deze werden geselecteerd ofwel op basis van de piekafvoer (POT). Met deze hydrogramsequentie moet het mogelijk zijn de overstromingsfrequenties over het ganse traject van de gemodelleerde waterloop te kunnen inschatten.

Gezien de hydrogramsequentie individuele hydrogrammen dient te bevatten, werden deze onafhankelijke gebeurtenissen geselecteerd uit de honderdjarige debietreeks. Op die manier werden uit de 100-jarige gesimuleerde debietreeks 95 stormen geselecteerd.

In de hydrogramsequentie zullen eerst de maatgevende hydrogrammen geplaatst worden die geselecteerd werden op piekdebiet, geordend van klein naar groot

Tabel 3-3: Stormkarakteristieken van de hydrogramsequentie

| Begindatum | Einddatum | duur | Qmax [m³/s] | Tijdstip Qmax | Neer-slag [mm] | Runoff Coëff. | T Q [jaar] | Tmax IDF [jaar] |
|------------------|------------------|-----------|----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 03/12/1900 04:00 | 08/12/1900 18:00 | 5 d 14 u | 5.319 | 06/12/1900 02:00 | 74.1 | 0.34 | 42.81 | 29.71 |
| 30/03/1901 08:00 | 01/04/1901 21:00 | 2 d 13 u | 2.157 | 30/03/1901 23:00 | 23.3 | 0.36 | 0.72 | 0.56 |
| 21/04/1903 01:00 | 29/04/1903 08:00 | 8 d 07 u | 2.636 | 24/04/1903 00:00 | 74.0 | 0.32 | 1.33 | 3.63 |
| 26/05/1903 22:00 | 18/10/1903 16:00 | 23 d 18 u | 2.681 | 11/10/1903 20:00 | 401.9 | 0.16 | 1.41 | 7.12 |
| 19/02/1907 03:00 | 21/02/1907 17:00 | 2 d 14 u | 2.079 | 19/02/1907 10:00 | 22.3 | 0.34 | 0.65 | 0.89 |
| 21/12/1909 05:00 | 24/12/1909 12:00 | 3 d 07 u | 3.379 | 22/12/1909 09:00 | 41.7 | 0.43 | 3.49 | 1.69 |
| 27/12/1909 17:00 | 29/12/1909 21:00 | 2 d 04 u | 2.219 | 28/12/1909 04:00 | 19.1 | 0.50 | 0.78 | 0.39 |
| 20/02/1910 17:00 | 27/02/1910 18:00 | 7 d 01 u | 2.253 | 25/02/1910 12:00 | 54.2 | 0.47 | 0.81 | 0.42 |
| 12/03/1911 00:59 | 16/03/1911 01:59 | 4 d 01 u | 3.468 | 12/03/1911 13:59 | 48.8 | 0.35 | 3.91 | 4.35 |
| 18/12/1911 12:00 | 25/12/1911 08:00 | 6 d 20 u | 2.512 | 20/12/1911 21:00 | 62.0 | 0.44 | 1.14 | 0.57 |
| 03/01/1912 03:00 | 07/01/1912 22:00 | 4 d 19 u | 2.487 | 06/01/1912 00:00 | 40.4 | 0.50 | 1.10 | 0.37 |
| 14/12/1912 21:00 | 17/12/1912 18:00 | 2 d 21 u | 2.306 | 15/12/1912 11:00 | 22.7 | 0.42 | 0.87 | 0.45 |

| Begindatum | Einddatum | duur | Qmax [m³/s] | Tijdstip Qmax | Neer-slag [mm] | Runoff Coëff. | T Q [jaar] | Tmax IDF [jaar] |
|------------------|------------------|-----------|----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 07/01/1914 21:00 | 11/01/1914 16:00 | 3 d 19 u | 3.196 | 08/01/1914 15:00 | 51.1 | 0.44 | 2.75 | 1.71 |
| 11/03/1914 09:00 | 17/03/1914 09:00 | 6 d 00 u | 2.269 | 15/03/1914 11:00 | 42.4 | 0.41 | 0.83 | 0.48 |
| 06/01/1915 03:00 | 12/01/1915 12:00 | 6 d 09 u | 2.753 | 06/01/1915 17:00 | 60.9 | 0.48 | 1.55 | 1.41 |
| 20/12/1915 10:00 | 27/12/1915 15:00 | 7 d 05 u | 2.886 | 23/12/1915 14:00 | 50.7 | 0.54 | 1.84 | 0.48 |
| 28/12/1916 03:00 | 04/01/1917 16:00 | 7 d 13 u | 5.208 | 29/12/1916 13:00 | 74.8 | 0.51 | 37.08 | 4.30 |
| 13/01/1918 09:00 | 19/01/1918 02:00 | 5 d 17 u | 4.029 | 15/01/1918 01:00 | 63.2 | 0.43 | 8.08 | 3.46 |
| 18/12/1919 00:00 | 31/12/1919 09:00 | 13 d 09 u | 2.668 | 29/12/1919 05:00 | 95.9 | 0.56 | 1.39 | 0.31 |
| 08/01/1920 09:00 | 15/01/1920 20:00 | 7 d 11 u | 4.043 | 13/01/1920 06:00 | 75.4 | 0.62 | 8.23 | 0.69 |
| 01/01/1922 08:00 | 06/01/1922 05:00 | 4 d 21 u | 2.208 | 03/01/1922 16:00 | 34.5 | 0.36 | 0.77 | 0.73 |
| 03/06/1923 00:00 | 13/10/1923 23:00 | 11 d 23 u | 2.234 | 10/10/1923 10:00 | 352.9 | 0.15 | 0.79 | 17.15 |
| 25/10/1924 23:00 | 03/11/1924 11:00 | 8 d 12 u | 3.788 | 01/11/1924 07:00 | 86.7 | 0.35 | 5.92 | 2.68 |
| 26/11/1925 18:00 | 01/12/1925 13:00 | 4 d 19 u | 4.066 | 28/11/1925 06:00 | 59.0 | 0.45 | 8.47 | 3.11 |
| 26/12/1925 01:00 | 04/01/1926 04:00 | 9 d 03 u | 3.792 | 29/12/1925 19:00 | 76.1 | 0.61 | 5.95 | 0.66 |
| 12/11/1926 23:00 | 14/11/1926 21:00 | 1 d 22 u | 2.249 | 13/11/1926 03:00 | 15.2 | 0.49 | 0.81 | 0.55 |
| 24/12/1928 06:59 | 31/12/1928 03:59 | 6 d 21 u | 2.966 | 27/12/1928 12:59 | 47.4 | 0.50 | 2.04 | 0.63 |
| 14/12/1929 16:59 | 17/12/1929 12:59 | 2 d 20 u | 2.133 | 14/12/1929 19:59 | 15.9 | 0.56 | 0.70 | 0.36 |
| 18/11/1930 04:59 | 27/11/1930 07:59 | 9 d 03 u | 2.589 | 21/11/1930 00:59 | 69.0 | 0.48 | 1.26 | 0.70 |
| 25/10/1932 03:59 | 31/10/1932 17:59 | 6 d 14 u | 4.099 | 28/10/1932 01:59 | 84.9 | 0.60 | 8.84 | 2.33 |
| 31/03/1933 19:59 | 04/11/1933 05:59 | 4 d 10 u | 2.09 | 25/05/1933 16:59 | 551.5 | 0.14 | 0.66 | 26.95 |
| 25/11/1935 05:59 | 01/12/1935 01:59 | 5 d 20 u | 2.553 | 28/11/1935 07:59 | 42.8 | 0.32 | 1.20 | 1.45 |
| 16/01/1936 02:59 | 21/01/1936 12:59 | 5 d 10 u | 2.481 | 16/01/1936 14:59 | 49.0 | 0.45 | 1.09 | 0.71 |
| 20/02/1937 04:59 | 23/02/1937 11:59 | 3 d 07 u | 3.562 | 21/02/1937 13:59 | 29.0 | 0.53 | 4.42 | 0.79 |
| 23/11/1939 07:59 | 01/12/1939 14:59 | 8 d 07 u | 4.724 | 26/11/1939 19:59 | 97.2 | 0.55 | 19.84 | 3.58 |
| 12/05/1940 07:59 | 08/11/1940 22:59 | 28 d 15 u | 2.234 | 03/11/1940 11:59 | 344.0 | 0.10 | 0.79 | 37.49 |
| 09/11/1940 04:59 | 15/11/1940 01:59 | 5 d 21 u | 2.013 | 11/11/1940 02:59 | 52.8 | 0.40 | 0.60 | 1.34 |
| 19/04/1942 01:59 | 21/07/1942 15:59 | 2 d 14 u | 2.753 | 10/07/1942 02:59 | 320.0 | 0.17 | 1.55 | 335.88 |
| 12/01/1943 04:59 | 15/01/1943 20:59 | 3 d 16 u | 2.539 | 13/01/1943 06:59 | 30.2 | 0.47 | 1.18 | 0.53 |
| 18/12/1943 05:59 | 20/12/1943 15:59 | 2 d 10 u | 2.444 | 18/12/1943 17:59 | 24.5 | 0.37 | 1.04 | 0.93 |
| 05/12/1944 00:59 | 12/12/1944 12:59 | 7 d 12 u | 2.45 | 06/12/1944 13:59 | 51.9 | 0.57 | 1.05 | 0.46 |
| 17/01/1945 18:59 | 21/01/1945 08:59 | 3 d 14 u | 2.173 | 18/01/1945 10:59 | 28.3 | 0.43 | 0.73 | 0.53 |
| 01/04/1945 00:59 | 16/11/1945 05:59 | 16 d 05 u | 2.164 | 29/08/1945 11:59 | 496.8 | 0.13 | 0.72 | 15.21 |
| 06/02/1946 07:59 | 10/02/1946 22:59 | 4 d 15 u | 3.159 | 07/02/1946 21:59 | 52.7 | 0.61 | 2.62 | 0.50 |
| 28/02/1946 10:59 | 02/03/1946 16:59 | 2 d 06 u | 2.837 | 28/02/1946 14:59 | 21.0 | 0.55 | 1.73 | 0.61 |
| 23/12/1947 19:59 | 29/12/1947 08:59 | 5 d 13 u | 2.35 | 26/12/1947 18:59 | 51.0 | 0.36 | 0.92 | 1.26 |
| 10/01/1948 07:59 | 14/01/1948 14:59 | 4 d 07 u | 4.099 | 12/01/1948 13:59 | 43.5 | 0.54 | 8.84 | 1.62 |
| 16/04/1948 18:59 | 19/07/1948 02:59 | 2 d 08 u | 2.26 | 14/07/1948 18:59 | 302 | 0.15 | 0.82 | 1.60 |
| 14/12/1950 12:59 | 18/12/1950 18:59 | 4 d 06 u | 2.529 | 15/12/1950 14:59 | 43.45 | 0.52 | 1.16 | 0.40 |
| 15/03/1951 20:00 | 20/03/1951 12:00 | 4 d 16 u | 2.588 | 16/03/1951 21:00 | 47 | 0.33 | 1.25 | 1.84 |
| 10/12/1952 19:00 | 28/12/1952 09:00 | 17 d 14 u | 3.34 | 20/12/1952 02:00 | 134.7 | 0.53 | 3.3 | 0.8 |
| 14/04/1954 12:00 | 07/09/1954 14:00 | 25 d 02 u | 2.09 | 04/09/1954 09:00 | 345.3 | 0.13 | 0.7 | 2.3 |
| 12/01/1955 21:00 | 17/01/1955 18:00 | 4 d 21 u | 2.22 | 13/01/1955 10:00 | 42.9 | 0.40 | 0.8 | 0.7 |
| 18/02/1957 13:00 | 21/02/1957 22:00 | 3 d 09 u | 3.38 | 19/02/1957 23:00 | 44.4 | 0.44 | 3.5 | 3.5 |
| 22/02/1957 19:00 | 27/02/1957 05:00 | 4 d 10 u | 2.41 | 24/02/1957 21:00 | 41.3 | 0.52 | 1.0 | 0.4 |
| 19/02/1958 02:00 | 27/02/1958 08:00 | 8 d 06 u | 3.06 | 25/02/1958 00:00 | 70.8 | 0.41 | 2.3 | 0.8 |
| 20/01/1959 19:00 | 24/01/1959 22:00 | 4 d 03 u | 2.58 | 22/01/1959 22:00 | 28.5 | 0.46 | 1.2 | 0.5 |
| 01/12/1960 19:00 | 07/12/1960 13:00 | 5 d 18 u | 5.29 | 03/12/1960 18:00 | 58.3 | 0.58 | 41.1 | 3.7 |
| 25/11/1961 22:00 | 28/11/1961 15:00 | 2 d 17 u | 2.91 | 26/11/1961 12:00 | 31.6 | 0.41 | 1.9 | 1.4 |

| Begin ­ datum | Eind ­ datum | duur | Qmax [m³/s] | Tijdstip Qmax | Neer ­ slag [mm] | Runoff Coëff. | T Q [jaar] | Tmax IDF [jaar] |
|----------------------------|---------------------------|-----------|----------------|------------------|----------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 03/05/1962 13:00 | 29/07/1962 01:00 | 26 d 12 u | 2.70 | 14/07/1962 19:00 | 256.4 | 0.15 | 1.5 | 92.0 |
| 08/04/1963 22:00 | 22/06/1963 18:00 | 14 d 20 u | 2.66 | 14/06/1963 05:00 | 219.1 | 0.16 | 1.4 | 206.4 |
| 01/12/1964 13:00 | 06/12/1964 11:00 | 4 d 22 u | 2.65 | 04/12/1964 09:00 | 51.4 | 0.48 | 1.4 | 0.9 |
| 29/12/1964 22:00 | 01/01/1965 11:00 | 2 d 13 u | 2.10 | 30/12/1964 20:00 | 20.8 | 0.46 | 0.7 | 0.4 |
| 16/12/1965 11:00 | 22/12/1965 00:00 | 5 d 13 u | 3.19 | 19/12/1965 18:00 | 49 | 0.55 | 2.7 | 0.6 |
| 22/12/1965 13:00 | 26/12/1965 04:00 | 3 d 15 u | 2.38 | 24/12/1965 02:00 | 29 | 0.61 | 1.0 | 0.2 |
| 07/12/1966 13:00 | 14/12/1966 06:00 | 6 d 17 u | 4.16 | 09/12/1966 16:00 | 68.2 | 0.56 | 9.6 | 1.8 |
| 28/12/1966 09:00 | 01/01/1967 09:00 | 4 d 00 u | 2.92 | 28/12/1966 18:00 | 32.9 | 0.60 | 1.9 | 0.4 |
| 22/12/1967 02:00 | 26/12/1967 01:00 | 3 d 23 u | 2.20 | 22/12/1967 16:00 | 33.7 | 0.42 | 0.8 | 0.6 |
| 05/05/1969 06:00 | 13/07/1969 16:00 | 9 d 10 u | 2.30 | 23/06/1969 09:00 | 246 | 0.17 | 0.9 | 54.5 |
| 12/04/1971 11:00 | 30/05/1971 16:00 | 17 d 05 u | 2.14 | 16/05/1971 05:00 | 159.3 | 0.16 | 0.7 | 14.3 |
| 26/10/1974 05:00 | 30/10/1974 19:00 | 4 d 14 u | 3.57 | 28/10/1974 05:00 | 39.5 | 0.57 | 4.5 | 1.1 |
| 23/12/1974 13:00 | 28/12/1974 12:00 | 4 d 23 u | 2.20 | 26/12/1974 09:00 | 37.7 | 0.49 | 0.8 | 0.4 |
| 01/12/1975 04:00 | 03/12/1975 14:00 | 2 d 10 u | 2.86 | 01/12/1975 09:00 | 22.9 | 0.50 | 1.8 | 0.8 |
| 19/03/1977 17:00 | 22/03/1977 11:00 | 2 d 18 u | 2.34 | 20/03/1977 00:00 | 31.7 | 0.33 | 0.9 | 1.8 |
| 25/04/1978 14:00 | 03/05/1978 21:00 | 8 d 07 u | 3.62 | 30/04/1978 19:00 | 92.5 | 0.29 | 4.8 | 14.4 |
| 04/05/1978 23:00 | 08/05/1978 17:00 | 3 d 18 u | 2.83 | 06/05/1978 12:00 | 39.9 | 0.40 | 1.7 | 0.9 |
| 17/07/1980 12:00 | 22/07/1980 02:00 | 4 d 14 u | 4.24 | 20/07/1980 00:00 | 56.1 | 0.46 | 10.6 | 3.0 |
| 13/01/1981 10:00 | 17/01/1981 18:00 | 4 d 08 u | 5.06 | 14/01/1981 03:00 | 43.2 | 0.56 | 30.5 | 2.6 |
| 28/12/1981 05:00 | 01/01/1982 12:00 | 4 d 07 u | 2.67 | 30/12/1981 08:00 | 26.1 | 0.50 | 1.4 | 0.5 |
| 10/01/1982 05:00 | 12/01/1982 07:00 | 2 d 02 u | 2.41 | 10/01/1982 16:00 | 18.3 | 0.54 | 1.0 | 0.4 |
| 22/04/1982 10:00 | 15/10/1982 19:00 | 24 d 09 u | 2.22 | 07/10/1982 07:00 | 442.4 | 0.14 | 0.8 | 11.4 |
| 29/01/1983 07:00 | 02/02/1983 07:00 | 4 d 00 u | 2.17 | 31/01/1983 12:00 | 35.55 | 0.41 | 0.7 | 0.8 |
| 21/06/1984 21:00 | 18/09/1984 14:00 | 28 d 17 u | 3.21 | 14/09/1984 10:00 | 234.95 | 0.16 | 2.8 | 6.4 |
| 17/10/1984 15:00 | 21/10/1984 06:00 | 3 d 15 u | 2.91 | 19/10/1984 03:00 | 36.2 | 0.44 | 1.9 | 0.9 |
| 29/09/1986 18:00 | 26/10/1986 01:00 | 26 d 07 u | 4.29 | 21/10/1986 16:00 | 101.3 | 0.29 | 11.3 | 72.0 |
| 28/12/1986 19:00 | 02/01/1987 17:00 | 4 d 22 u | 2.40 | 01/01/1987 00:00 | 39.1 | 0.52 | 1.0 | 0.3 |
| 26/02/1987 00:00 | 28/02/1987 15:00 | 2 d 15 u | 2.14 | 26/02/1987 20:00 | 22.65 | 0.40 | 0.7 | 0.4 |
| 19/03/1988 06:00 | 30/03/1988 15:00 | 11 d 09 u | 2.38 | 24/03/1988 11:00 | 57.5 | 0.52 | 1.0 | 0.3 |
| 03/12/1988 02:00 | 05/12/1988 17:00 | 2 d 15 u | 2.41 | 03/12/1988 17:00 | 24.6 | 0.39 | 1.0 | 0.7 |
| 28/12/1990 10:00 | 31/12/1990 20:00 | 3 d 10 u | 2.60 | 28/12/1990 20:00 | 26.5 | 0.47 | 1.3 | 0.7 |
| 18/11/1991 05:00 | 21/11/1991 04:00 | 2 d 23 u | 3.23 | 18/11/1991 18:00 | 24.3 | 0.54 | 2.9 | 0.8 |
| 15/12/1991 14:00 | 23/12/1991 16:00 | 8 d 02 u | 2.13 | 17/12/1991 06:00 | 69.1 | 0.44 | 0.7 | 0.6 |
| 08/05/1992 07:00 | 10/06/1992 20:00 | 2 d 13 u | 2.24 | 02/06/1992 00:00 | 130.7 | 0.16 | 0.8 | 33.7 |
| 10/12/1992 18:00 | 12/12/1992 19:00 | 2 d 01 u | 2.01 | 11/12/1992 07:00 | 13.9 | 0.50 | 0.6 | 0.3 |
| 18/12/1993 05:00 | 25/12/1993 05:00 | 7 d 00 u | 2.87 | 20/12/1993 14:00 | 72.7 | 0.58 | 1.8 | 0.5 |
| 28/12/1993 16:00 | 06/01/1994 21:00 | 9 d 05 u | 2.66 | 30/12/1993 09:00 | 60.8 | 0.66 | 1.4 | 0.4 |
| 25/12/1994 06:00 | 02/01/1995 18:00 | 8 d 12 u | 2.47 | 27/12/1994 15:00 | 79.9 | 0.43 | 1.1 | 1.5 |
| 20/01/1995 19:00 | 30/01/1995 17:00 | 9 d 22 u | 2.84 | 28/01/1995 20:00 | 86.2 | 0.58 | 1.7 | 0.4 |
| 09/04/1996 23:00 | 01/09/1996 02:00 | 23 d 03 u | 7.17 | 28/08/1996 17:00 | 389.5 | 0.18 | 470.9 | 668.1 |
| 28/11/1996 09:00 | 01/12/1996 08:00 | 2 d 23 u | 2.01 | 28/11/1996 16:00 | 24.4 | 0.45 | 0.6 | 0.4 |
| 14/05/1998 06:00 | 17/09/1998 07:00 | 5 d 01 u | 3.10 | 13/09/1998 12:00 | 354.4 | 0.14 | 2.4 | 3.6 |
| 12/11/1998 18:00 | 16/11/1998 11:00 | 3 d 17 u | 2.13 | 13/11/1998 12:00 | 27.9 | 0.49 | 0.7 | 0.3 |
| 23/12/1999 11:00 | 28/12/1999 15:00 | 5 d 04 u | 5.45 | 25/12/1999 12:00 | 70.3 | 0.53 | 50.5 | 3.1 |
| 05/10/2001 17:00 | 08/10/2001 07:00 | 2 d 14 u | 3.47 | 05/10/2001 21:00 | 31.4 | 0.38 | 3.9 | 4.4 |
| 18/02/2002 10:00 | 27/02/2002 06:00 | 8 d 20 u | 4.07 | 19/02/2002 07:00 | 88.35 | 0.55 | 8.5 | 1.5 |
| 25/12/2002 08:00 | 04/01/2003 05:00 | 9 d 21 u | 2.49 | 28/12/2002 21:00 | 88.102 | 0.50 | 1.1 | 0.7 |

| <i>Begindatum</i> | <i>Einddatum</i> | <i>duur</i> | <i>Qmax</i> [m³/s] | <i>Tijdstip Qmax</i> | <i>Neer-slag</i> [mm] | <i>Runoff</i> Coëff. | <i>T</i> Q [jaar] | <i>Tmax</i> IDF [jaar] |
|-------------------|------------------|-------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 27/01/2003 20:00 | 03/02/2003 23:00 | 7 d 03 u | 2.99 | 29/01/2003 03:00 | 63.588 | 0.53 | 2.1 | 1.4 |

3.1.3. Hydrodynamisch model (oppervlaktewater)

3.1.3.1. Algemeen

Het model wordt vooreerst opgebouwd door het invoeren van de opgemeten dwarsprofielen en ook de opgemeten kunstwerken (zie topografische opmetingen) in een invoerbestand voor Infoworks (ISIS rekenhart). De gemeten debieten tijdens de meetcampagne aan de opwaartse grens van het model en gemeten ter hoogte van de Schoolstraat worden ingevoerd ter hoogte van de opwaartse rand. De gelijktijdig opgemeten waterstanden en debieten aan het Pieter Sas (afwaarts), bepalen de afwaartse randvoorwaarde (samen met de bedieningskarakteristieken van het uitlaatkunstwerk – thans handmatig bediend - en het gemeten getijregime in Nieuwpoort).

Het hydraulisch model wordt afgeijkt door aanpassen van de bedruwheid, waarbij terdege rekening zal worden gehouden met de bestaande vegetatie. De opgemeten waterstanden tijdens de meetcampagne dienen hierbij als maatstaf voor de correctheid van de afijking.

3.1.3.2. Uitgestrektheid van het model.

In Bijlage 6 wordt het volledige model van het Geleed schematisch voorgesteld op een grondplan.

Dit plan toont alle dwarssecties, hydraulische structuren en randvoorwaarden die in het model werden ingevoerd. Voor de meeste knooppunten is ook het bijhorende knoopnummer weergegeven. Omwille van overzichtelijkheid werden een aantal knooplabelels weggelaten. Tijdens de modelbeschrijving zal regelmatig naar dit plan verwezen worden.

Het model het Geleed is opgebouwd vanaf de kreek van Lombardsijde tot de Schoolstraat in Lombardsijde (cfr plan in Bijlage 6). De zijgrachten van het Geleed werden niet in het model geïntegreerd.

De topografische opmetingen werden verwerkt in 23 dwarssecties. Voor modelleringsdoeleinden zijn twee bijkomende dwarssecties gecreëerd die gebaseerd zijn op de bathymetrie van de Kreek van Lombardsijde.

3.1.3.2.1 Naamgeving

Bij de naamgeving van de Infoworks knopen werd zo veel mogelijk getracht een aantal consistente regels aan te houden. Dit vergemakkelijkt immers het gebruik van en het inzicht in het hydrodynamisch model.

Voor de beschrijving van de naamgeving dient een onderscheid te worden gemaakt tussen de naamgeving van de dwarssecties enerzijds en de kunstwerken anderzijds.

Dwarssecties

Het label van een Infoworks knoop bestaat minimaal uit twee, maximaal uit drie delen. Het eerste deel, een lettercombinatie, geeft aan tot welke waterloop (of gedeelte van een waterloop) de knoop behoort.

GEL: de hoofdloop van het Geleed.

ZEE: de dwarssecties in de Kreek van Lombardsijde

Het tweede deel van het label geeft een aanduiding van de positie van de knoop binnen de waterloop, het waterloopgedeelte waartoe de knoop behoort. In de meeste gevallen moet dit getal

aanzien worden als het volgnummer van de knoop binnen een welbepaalde tak, waarbij de nummering voor de waterlopen die topografisch werden opgemeten gebeurt van afwaarts naar opwaarts (bijvoorbeeld: GEL01 is de meest afwaartse en GEL23 de meest opwaartse sectie van het model).

Het derde deel van het Infoworks label is opnieuw een lettercombinatie en geeft meer detailinformatie over de knoop.

- De lettercombinatie 'opw' en 'afw' worden respectievelijk gebruikt om de op- en afwaartse sectie van een pomp, een overstort of een structuur aan te geven.
- Junction nodes zijn verbindingsknoten die toelaten om zijlopen in het netwerk op te nemen. Het eerste deel van de naam is steeds 'JUNCT', het tweede gedeelte van de naam is arbitrair en is gebaseerd op de geografische situatie van de knoop. Hetzelfde principe is gehanteerd bij BOUNDARY nodes. Het eerste gedeelte is steeds BND.

Kunstwerken

Tijdens de topografische opmetingen werden de kunstwerken net zoals de dwarssecties genummerd van afwaarts naar opwaarts.

De kunstwerken in dit model worden door Infoworks-RS conceptueel voorgesteld door units waarvan de lengte (en de daarmee gepaard gaande wrijvingsverliezen) verwaarloosbaar wordt geacht in verhouding tot de (bijzondere) ladingsverliezen van het kunstwerk (bruggen, overlaten, openingen, ...). Deze kunstwerken hebben geen eigen label, maar worden aangeduid met het opwaartse en afwaartse label waarmee ze in verbinding staan. In deze gevallen wordt het kunstwerknummer wel aangegeven in het commentaarveld van de kunstwerkgegevens.

3.1.3.3. Dwarssecties

De geometrie van alle secties werden vanuit Infoworks-RS nogmaals visueel op fouten gecontroleerd en indien noodzakelijk aangepast.

Wanneer de waterhoogte uitstijgt boven de maximale terreinhoogte die voor de dwarssectie in het model werd ingevoerd, veronderstelt Infoworks dat de oever verticaal doorloopt voor de berekening van de doorvoercapaciteit en het te bergen volume,. Wanneer er zich belangrijke overstromingen voordoen, kan deze veronderstelling niet gemaakt worden en moet het model worden uitgebreid met de overstromingsgebieden (§ 3.1.3.6)

De dwarssecties in het model krijgen een waarde mee voor de Manningcoëfficiënt die gelijk is voor het bed van de rivier en de oevers. De waarde van de coëfficiënt wordt o.a. bepaald door kalibratie.

3.1.3.4. Hydraulische structuren

Worden achtereenvolgens besproken:

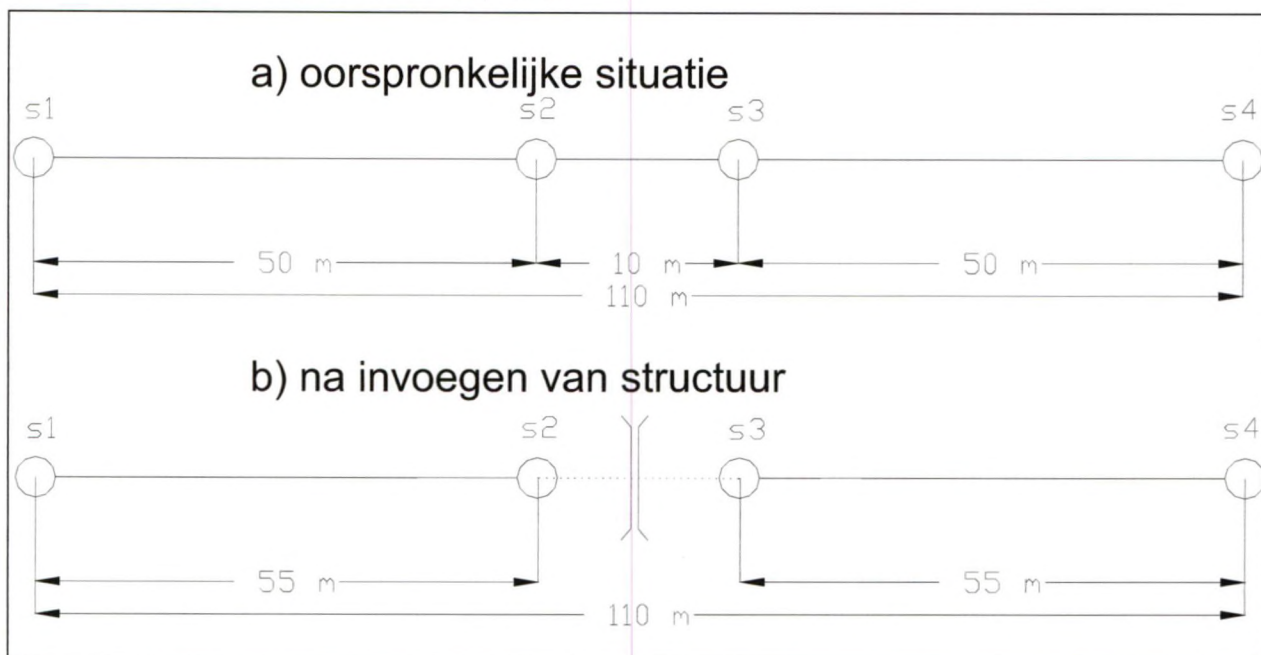
- Hoe de structuren in het Infoworks netwerk werden ingevoegd.
- De voorstelling van kunstwerken door CONDUIT units.

3.1.3.4.1 Invoegen van structuren in het Infoworks netwerk

Zoals hierboven reeds aangegeven, hebben de kunstwerken in dit Infoworksmodel geen lengte.

Bij structuren zonder lengte (bruggen, stuwen, openingen, ...) gaat Infoworks ervan uit dat de opstuwing hoofdzakelijk wordt bepaald door de bijzondere ladingsverliezen (contractie van de stroomlijnen opwaarts en de expansie afwaarts van de brug, invloed van pijlers,...) en dat de invloed van het wrijvingsverlies over de lengte van de structuur hiertegenover te verwaarlozen is.

Om de totale lengte van de waterloop en dus de progressieve afstanden ongewijzigd te laten worden de tussenafstanden van de secties op- en afwaarts van de structuur gewijzigd, zoals wordt geïllustreerd in Figuur 3-9. Op deze manier wordt het wrijvingsverlies van de structuur omgezet naar een equivalent wrijvingsverlies in de waterloop en blijft ook het totale volume dat in de waterloop kan worden geborgen ongewijzigd.



Figuur 3-9: Aanpassing van de tussenafstanden bij het invoegen van een brug of 'structuur' zonder lengte' in het algemeen.

Keuze BRIDGE unit – CONDUIT unit

Voor vele structuren moet in Infoworks gekozen worden tussen een voorstelling d.m.v. een BRIDGE unit en een voorstelling d.m.v. CONDUIT units

Als de lengte van de structuur beperkt was, zodat de structuur niet onder druk kan komen en de wrijvingsverliezen verwaarloosbaar kunnen worden geacht ten opzichte van de bijzondere verliezen werd geopteerd voor een BRIDGE unit. In de verdere tekst wordt in dit geval gesproken over bruggen.

Als de lengte van de structuur groot was in verhouding tot de doorstroomsectie van de structuur en de structuur dus onder druk kan komen of alleszins wrijvingsverliezen heeft die niet verwaarloosbaar zijn ten overstaan van de bijzondere ladingsverliezen werd gekozen voor een voorstelling d.m.v. CONDUIT units. In de verdere tekst wordt in dit geval gesproken over duikers.

Voor de modellering van de bruggen werd gebruik gemaakt van de USBPR1978 BRIDGE unit. Dit modelement berekent de opstuwing veroorzaakt door een brug op basis van een aantal semi-empirische formules die werden opgesteld door het US Bureau of Public Roads in samenwerking met een aantal privé-instellingen. De empirische formules werden bekomen na metingen op een groot aantal fysische modellen en prototype bruggen van verschillende afmetingen in de Verenigde Staten. De uitvoerder is van mening dat het USBPR modelement een betere benadering geeft voor de opstuwing veroorzaakt door een 'Vlaamse' brug dan het ARCH BRIDGE modelement, waarvan de semi-empirische formules enkel werden opgesteld op basis van metingen op oude boogbruggen in het Verenigd Koninkrijk

Voor de modellering van duikers werd gebruik gemaakt van ten minste twee CONDUIT knopen met de gepast sectie (CIRCULAR, RECTANGULAR, ARCH,...) De parameters van de CONDUIT nodes (type, K, M, c, ...) werden bepaald aan de hand van de tabellen in de ISIS manual (Halcrow, 1999) of de culvert design manual (Ramsbottom, 1997) die de waarden van deze parameters aangeven in functie van de vorm en het materiaal van de duiker en het type inlaat. De speciale ladingsverliezen door een plotse vernauwing of verbreding worden door deze unit niet gesimuleerd. Indien dit het geval is moet de CULVERT INLET, CULVERT OUTLET, een ORIFICE of de BERNOUILLI LOSSES -links worden gebruikt

In de volgende paragrafen worden alle hydraulische structuren in het model voorgesteld en besproken.

3.1.3.4.2 Bruggen

Er zijn geen kunstwerken gemodelleerd als brug

3.1.3.4.3 Openingen

Ter hoogte van kleine doorstroomopeningen treden relatief hoge ladingsverliezen op. De hydrodynamische stroming kan voorgesteld worden als een combinatie van het insnoeren van de stroombanen (vb. ter hoogte van een bruggenhoofd), ladingsverliezen als gevolg van stroming onder druk in duikers, en ladingsverliezen over drempels. In het Infoworks model wordt gebruik gemaakt van het ORIFICE element om de stroming door kleine duikers voor te stellen. Deze worden weergegeven in Tabel 3-4.

Tabel 3-4: Lijst van ORIFICE-eenheden in het hydrodynamisch model

| Kunstwerk Nummer | Lokatie/lokale benaming | opp. Open- ing (m ²) | Bodem- peil (mTAW) | Sleutel Peil (mTAW) | type | IW sectie opwaarts | IW sectie afwaarts |
|---------------------|----------------------------|---|--------------------------|---------------------------|------|-----------------------|-----------------------|
| KW02 | Alexisstraat | 0.50 | 2.46 | 3.5 | OPEN | GEL11 | GEL10 |
| KW 03 | Kustweg | 2.85 | 2.85 | 4.21 | OPEN | GEL16afw | GEL15opw |

3.1.3.5. Bijzondere hydraulische structuren

3.1.3.5.1 Beweegbare stuwconstructies

In het modelleringgebied komt 1 regelbare hydraulische constructie voor: 1 regelbare verticale schuif. Deze wordt gemodelleerd met een VERTICAL SLUICE-unit (Tabel 3-5).

De schuif dient vooral als beheersinstrument voor de landbouw in de Hemmepolder. Ze wordt dan ook manueel bediend door de landbouwer die actief is in het gebied. De besturing ervan is uiteengezet in het hoofdstuk 2.1.7

Tabel 3-5: Lijst van beweegbare schuiven en stuwen in het hydrodynamisch model met parameterwaarden, van opwaarts naar afwaarts

| Benaming | model- element | IW sectie opwaarts | IW sectie afwaarts | kruin- hoogte (m TAW) | kruin- breedte (m) | hoogte van klep of schuif (m) | regeling op |
|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------|
| PIETE SAS | VERTICAL SLUICE | GEL01 | KW01opw | 2.65 | 1.25 | 4.6 (fictief) | Handmatig |

De hoogte van de schuif is in werkelijkheid geen 4.6 meter maar is ingegeven om te beletten dat Infoworks een debiet zou berekenen wanneer het water boven de schuif stijgt. Wanneer het water met 4.6 m stijgt zou het tot de kruin van de Halvemaandijk uitkomen.

Modelmatig wordt de sturing van de verticale schuif als volgt ingevoerd.

Wanneer de waterstand afwaarts (tijhoogte) van de schuif stijgt boven 2.50 mTAW wordt de schuif totaal gesloten. Het water in het Geleed stuwt op. Wanneer de afwaartse waterstand onder het 2.50 mTAW daalt gaat de schuif terug open en kan het Geleed terug ontwateren. Deze besturing wijkt af van de werkelijke situatie waar de sluis maar één maal per etmaal wordt geopend behalve wanneer het waterpeil erg hoog staat.

3.1.3.6. Overstromingsgebieden

Na een eerste reeks simulaties werd vastgesteld dat in verscheidene riviersecties van het Geleed de maximaal bereikte waterhoogte uitsteeg boven het peil van linker- en/of rechteroever, m.a.w. dat overstromingen optraden.

De juiste weergave van de dynamiek van de overstromingen is onontbeerlijk bij een correcte hydrodynamische modellering. De infoworks-RS software biedt drie mogelijkheden (en de verschillende combinaties) om de stroming buiten de oevers van de waterloop te modelleren:

- Uitbreiding van de dwarsprofielen met de geometrie van de overstromingsgebieden
- Koppeling van de waterloop met een reservoir
- Modellering van het overstromingsgebied d.m.v. parallelle waterlopen "Floodplains" of quasi-2D modellering

Bij de eerste methode worden de overstromingsgebieden gemodelleerd door de betreffende IW-secties langs linker- en/of rechteroever uit te breiden met de geometrie van het overstromingsgebied. Het water op het maaiveld neemt dus deel aan de stroming, zij het in mindere mate omdat aan het maaiveld een grotere ruwheid wordt toegekend. Het waterpeil op het maaiveld zal dus ten allen tijde gelijk zijn aan het waterpeil in de waterloop. Deze modelleringkeuze is verantwoord wanneer er geen belangrijke oeverscheiding bestaat tussen zomer- en winterbed.

Wanneer de overstromingsgebieden gemodelleerd worden via een reservoir wordt verondersteld dat het waterpeil op elke plaats in het overstromingsgebied gelijk is op een bepaald tijdstip m.a.w. er is dus geen verhang merkbaar in het overstromingsgebied. In InfoWorks-RS wordt een FLOOD PLAIN STORAGE-unit gedefinieerd d.m.v. een hoogte-oppervlakte relatie, die voor elk waterpeil in het gebied de overstromingsoppervlakte weergeeft. De FLOOD PLAIN STORAGE -units worden met de waterloop verbonden door middel van zijdelingse overlaten (SPILLS).

De meest complexe, en in theorie ook de meest nauwkeurige methode voor het modelleren van de overstromingsgebieden is het gebruik van parallelle waterlopen (de overstromingsgebieden) die met de hoofdwaterloop verbonden zijn d.m.v. zijdelingse overlaten. De parallelle waterloop wordt dan net zoals de hoofdwaterloop gedefinieerd door dwarssecties, die samen het overstromingsgebied weergeven. De stroming en het waterpeil in het overstromingsgebied en de hoofdwaterloop kunnen dus op elk moment en plaats verschillend zijn. De zijdelingse overlaten bevatten dan de kruinhoogtes van de overstroombare oevers. Deze modelleringwijze is bij voorkeur te gebruiken wanneer er zich tussen het overstromingsgebied en de waterloop oeverwallen of dijken bevinden die niet echt hoog zijn of die niet doorlopen over de volledige lengte. Vanuit hydrodynamisch standpunt is dit de meest nauwkeurige benadering. Een groot nadeel is de discretisatie van het overstromingsgebied door de dwarsprofielen, die onnauwkeurigheden in het bergingsvolume kan veroorzaken.

Een ander nadeel aan deze methode is wel de toename van het aantal door te rekenen knopen. Vaak wordt het model bij deze methode onstabiel en moeten kleinere tijdstappen gekozen worden om toch nauwkeurige resultaten te bekomen.

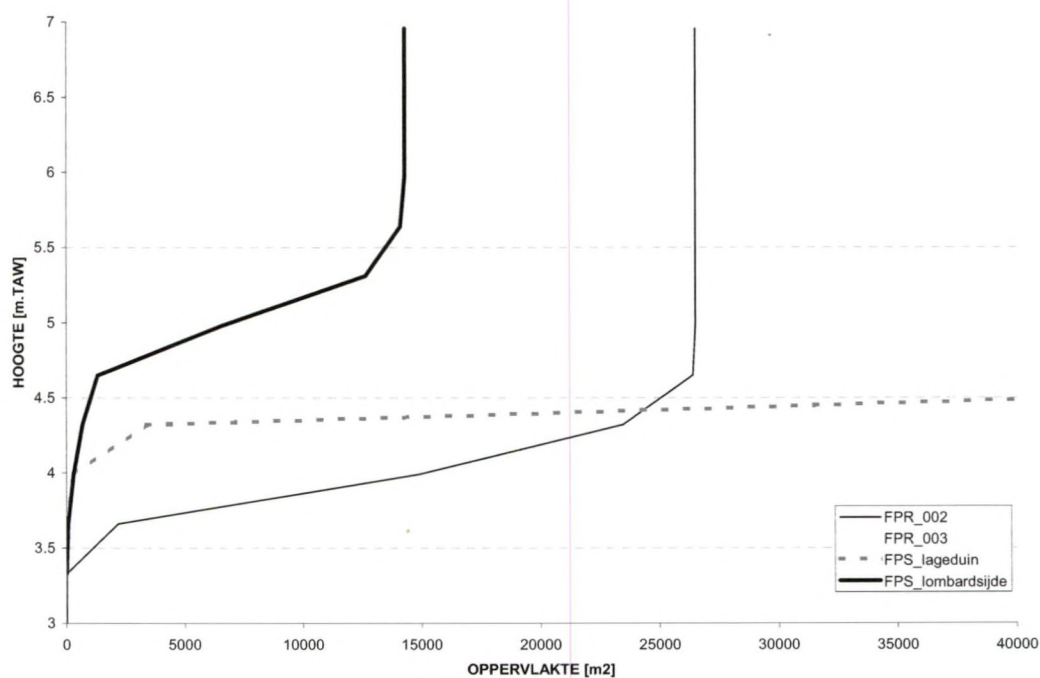
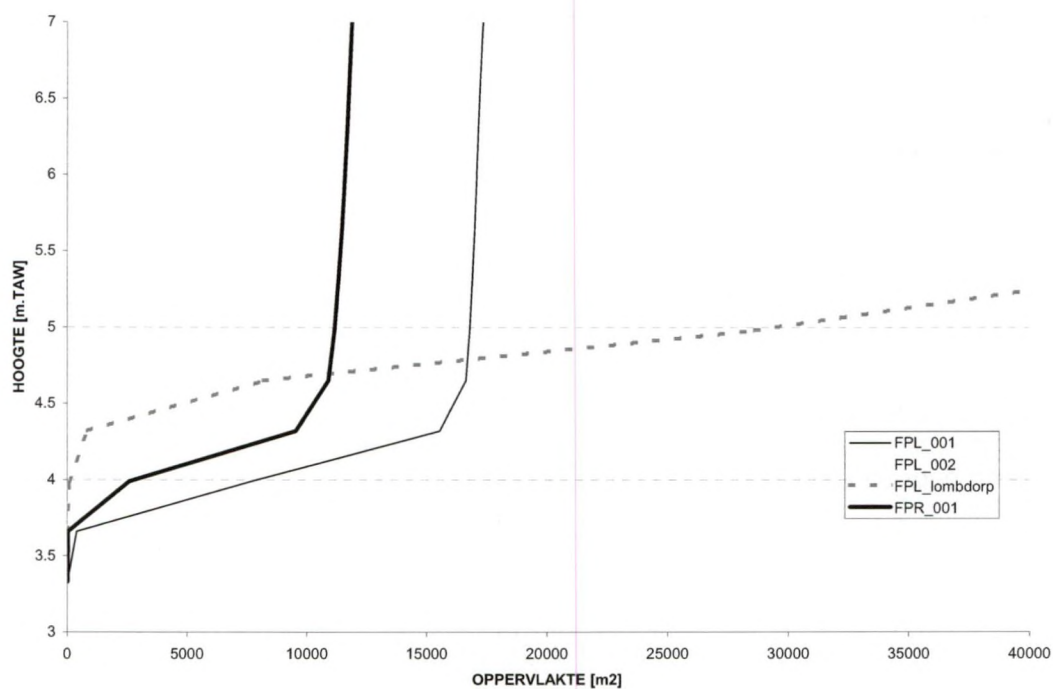
Voor het Geleed wordt gekozen voor een modellering door middel van FLOOD PLAIN STORAGE-units omwille van de beperkte stroming in het gebied en de natuurlijke compartimentering van het gebied. Daarbij komt dat langs het beschouwde traject van het Geleed de overstromingsgebieden van elkaar afgescheiden worden door duidelijke verhogingen in het landschap zoals een weg. Zo wordt geen lang aaneensluitend gebied gevormd waarover stroming optreedt, maar eerder afgescheiden gebieden met een beperkt verhang waar het waterpeil op elke plaats ongeveer gelijk is.

Dankzij het opgestelde digitaal hoogtemodel werden dan verschillende deelgebieden afgebakend die min of meer afzonderlijk (zouden kunnen) overstromen. Als grenzen van de reservoirs (FLOOD PLAIN STORAGE UNITS) wordt uiteraard gekozen voor duidelijke verhogingen in het landschap. Die vallen meestal samen met een fysische entiteit zoals een weg, spoorlijn of een talud. Er wordt dan telkens een overlaat (SPILL-unit) gedefinieerd tussen de rivier en het reservoir, maar ook tussen de aangrenzende reservoirs onderling, zodat die gebieden bij zeer hoge afvoeren in elkaar zouden kunnen overlopen. Deze gemodelleerde reservoirs zijn afgebeeld op het grondplan van het model in Bijlage 6.

Tabel 3-6: Overzicht van de gemodelleerde reservoirs langs het Geleed

| code reservoir | opp (ha) | koppeling met waterloop | | koppeling tussen reservoir | |
|------------------|----------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------|
| | | knooppunt | linker/rechter oever | opwaarts | afwaarts |
| FPL_001 | 2.6 | SPLGEL05 | L | | |
| FPL_002 | 0.8 | SPLGEL13 | L | | |
| FPL_LOMBDORP | 13.7 | SPLGEL020 | L | | |
| FPR_001 | 6.6 | SPRGEL03 | R | | |
| FPR_002 | 2.6 | SPRGEL06 | R | SPFP_003 | |
| FPR_003 | 8.0 | SPRGEL13 | R | SPFP_lageduin | SPFP_003 |
| FPS_lageduin | 19.0 | | R | | SPFP_lageduin |
| FPS_LOMBARDSIJDE | 1.8 | SPRGEL18 | R | | |

Voor de definiëring van reservoirs in het hydrodynamisch model is de relatie (hoogte, oppervlakte) van belang voor het vullen van de reservoirs. Uit het DEM van het beschouwde gebied werden voor de verschillende gedefinieerde reservoirs deze (hoogte, oppervlakte)-relaties onttrokken. Ze worden weergegeven in de onderstaande figuren.



Figuur 3-11: Oppervlakte - Hoogte relaties van de gedefinieerde reservoirs in het model van Het Geleed

3.1.3.7. Randvoorwaarden

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen opwaartse randvoorwaarden (inclusief de zijdelingse instroomdebieten) en de afwaartse randvoorwaarde.

3.1.3.7.1 Opwaartse randvoorwaarden

De opwaartse randvoorwaarden volgen uit de hydrologische berekeningen (§ 3.1.2). Deze hydrologische berekeningen resulteren voor elk subbekken in een inloophydrogram dat ofwel zeer plaatselijk in de gemodelleerde waterloop terechtkomt, als het subbekken bijvoorbeeld gedomineerd wordt door een belangrijke zijbeek, ofwel ruimtelijk verdeeld over een bepaalde afstand.

Tabel 3-7: geeft een overzicht van de inloophydrogrammen en van de locatie waar ze in het model werden ingebracht.

Tabel 3-7: Lijst van inloophydrogrammen van het hydrodynamisch model met aanduiding van belanghebbende knooplabe ls

| Deelbekken | Naam knoop randvoorwaarde | Netwerk knoop | type | oppervlakte deelstroomgebied (km²) |
|----------------|---------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| Geleed opw | QT_opwaarts | GEL23 | opwaarts | 1.8 |
| Poldergrachten | QT_Gracht | GEL03 | zijdelings | 1.3 |

Voor elke inloophydrogram moet een 'Boundary Node' worden gedefinieerd (vb. BND_opwaarts). De opwaartse inloophydrogrammen kunnen onmiddellijk worden verbonden met de meest opwaartse dwarssecties. Voor het aanbrengen van de zijdelingse inloophydrogrammen moeten steeds twee knooppunten worden bijgemaakt. Voor elk zijdelings inloophydrogram moet een nieuw fictief dwarsprofiel worden gedefinieerd om de lengte (chainage) van de waterloop te waarborgen, tussen twee dwarsprofielen wordt een Junction Node gedefinieerd waarmee de Boundary Node en dus het hydrogram wordt verbonden.

3.1.3.7.2 Afwaartse randvoorwaarden

De afwaartse randvoorwaarden worden gevormd door het getij in Nieuwpoort. Wanneer dit lager blijft dan de drempel van Piete Sas kent het model een vrije uitstroom. Wanneer het tij hoger staat dan de drempel treedt er terugstroming op wanneer het sas open blijft of treedt er opstuwing op wanneer het sas gesloten is.

3.1.3.8. Simulatie van de bestaande toestand met de hydrogramsequentie

3.1.3.8.1 Afwaartse randvoorwaarden

De afwaartse randvoorwaarden worden bepaald door de registreerde tijgegevens tijdens de meetcampagne, tussen 1 februari 2004 en 1 september 2004.

De hydrogramsequentie is fictieve tijdreeks waarin de statistische informatie van de 100 jarige tijdreeks in vervat is. De invloed van het tij is niet in in deze tijdreeks opgenomen. Deze sequentie is een aaneenschakelingen van 144 stormen die samen een tijdspanne van 5.5 jaar overbruggen. De tijdreeks van de tijgegevens werd gekopieërd zodat fictieve maar realistische tijwaarnemingen als afwaartse randvoorwaarden voor de simulaties aangewend kunnen worden. In de onderstaande tabel zijn de karakteristieken van de afwaartse randvoorwaarden samengevat (Tabel 3-8).

Tabel 3-8: Karakteristieken van de tijgegevens tijdens de meetcampagne

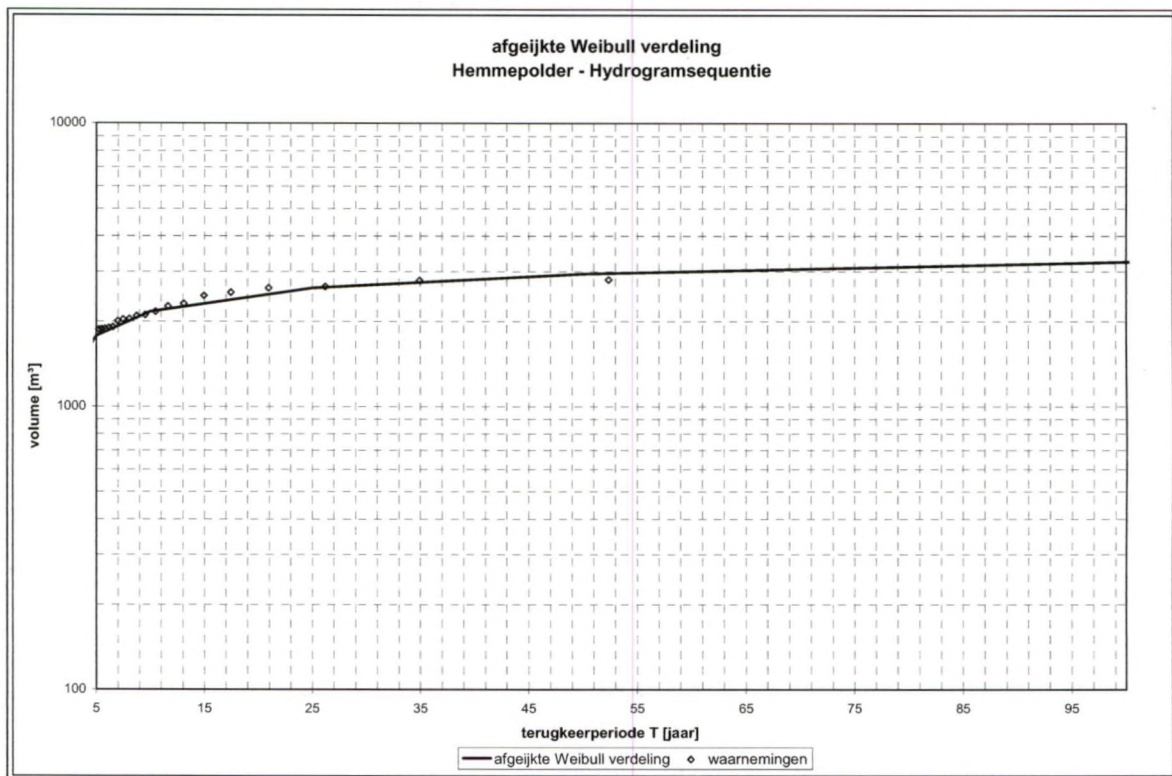
| Type | waarde [mTAW] |
|------------|---------------|
| Min | -0.5 |
| Max | 5.5 |
| Gemiddelde | 2.32 |

3.1.3.8.2 Opwaartse randvoorwaarden

De opwaartse randvoorwaarden worden bepaald door de debieten berekend door het hydrologische model. In het totaal is een hydrogramsequentie van 144 stormen doorgerekend waarvan 65 stormen zijn geselecteerd op basis van de maximale afvoer en 80 op basis van het volume boven een drempeldebiet van 0.11 m³/s. (B06)

3.1.3.8.3 Resultaten

Sommige van deze stormen hebben geleid tot overstromingen. Via een frequentieanalyse is de terugkeerperiode van deze overstromingen berekend. In de onderstaande grafiek (Figuur 3-13) zijn deze resultaten afgebeeld. In de Y-as is het overstroomde volume weergegeven en de X-as is de terugkeerperiode van het event afgebeeld.



Figuur 3-13: overstromingskansen in de Hemmepolder

Het overstromingsrisico is vooral te wijten aan de besturing van het Piete Sas. De volumes die vanuit de IJzer kunnen terugstromen zijn veel groter dan de aanvoer van zoetwater via de afvoer van stormen. Wanneer het Sas niet voldoende snel gesloten wordt kan water terugstromen vanuit de IJzer.

3.1.3.8.3.1 Waterstand en debiet

Om de referentiesituatie te bepalen worden de volgende criteria gehandhaafd:

- het debiet en het peil afwaarts van de kustweg;
- de waterstand ter hoogte van Lombardsijde;
- het overstromingsvolume in de polder.

In de onderstaande tabel (Tabel 3-9) worden deze resultaten samengevat.

Tabel 3-9: resultaten bij hydrodynamische simulatie van de hydrogramsequentie

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 1.72 | 3.87 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.60 | 3.90 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.315 | 3.91 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 3060 | 3.90 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

3.1.4. Grondwatermodel

Voor de bestudering van het grondwater is een numeriek grondwatermodel opgezet voor de huidige situatie en voor de drie scenario's zijnde de zoet, brak en zout variant.

3.1.4.1. Opbouw van het grondwatermodel

Voor simulatie van de grondwaterstroming wordt het MODFLOW-model gebruikt. MODFLOW staat voor "modular groundwater flow model" en is wereldwijd het meest gebruikte model voor grondwaterstroming. Het werd ontwikkeld door de Geologische Dienst van de Verenigde Staten van Amerika (USGS). Het is een 3 dimensionaal model gebaseerd op de eindige differentie techniek, waarbij het studiegebied ingedeeld wordt in rekencellen, welke in grootte kunnen verschillen afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid van de simulatie. Aan elke rekencel kunnen parameters toegekend worden, die de hydrogeologische karakteristieken van het terrein weergeven. Zowel heterogene als isotrope eigenschappen kunnen met het model verwerkt worden.

Om de invoering van de verschillende eigenschappen te vergemakkelijken worden de rekencellen gegroepeerd in lagen, van de volgende vorm:

- freatische grondwaterlaag
- artesische grondwaterlaag
- gemengde grondwaterlaag

Per rekencel wordt de volgende stromingsvergelijking beschouwd

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial h}{\partial y} \right) + q_1 - q_2 \pm W \quad (1)$$

waarbij x en y de horizontale ruimtelijke coördinaten [L] zijn en t de tijd [T], h is de te berekenen grondwaterpotentiaal [L], T de transmissiviteit van de grondwaterlaag [L^2/T], S de bergingscoëfficiënt [-], q_1 de instroming van bovenaf [L/T], q_2 de uitstroming onderaan [L/T], en W in- of uitstroming te wijten aan randvoorwaarden [L/T]. De fluxen q_1 en q_2 worden berekend aan de hand van de potentiaalverschillen tussen de lagen.

De geohydraulische eigenschappen T en S van de laag zijn afhankelijk van de plaats en/of de tijd en worden bepaald afhankelijk van de omstandigheden, op volgende wijze: voor een artesische laag

$$S = S_0 D = s(z_1 - z_2) \quad (2)$$

$$T = KD = K(z_1 - z_2) \quad (3)$$

met S_0 de specifieke bergingscoëfficiënt [L^{-1}], K de doorlatendheid [L/T], D de dikte van de grondwaterlaag, z_1 de hoogte van de top van de laag [L] en z_2 de hoogte van de basis van de laag [L]; en voor een freatische laag

$$S = S_f + S_0 (h - z_2) \quad (4)$$

$$T = K(h - z_2) \quad (5)$$

met S_f de freatische bergingscoëfficiënt [-].

Voor een gemengde laag moeten T en S iteratief bepaald worden afhankelijk van de positie van de watertafel, gegeven door h , t.o.v. de top van de laag gegeven door z_1 .

De te simuleren stroming wordt verder geconditioneerd door randvoorwaarden welke de interactie met de omgeving kwantificeren. Volgende mogelijkheden zijn in MODFLOW aanwezig

- rivieren
- drains
- grondwatervoeding
- evapotranspiratie
- opgelegde grondwaterpotentialen
- pompputten
- schermwanden
- opgelegde in- of uitstromingen

Van bijzonder belang zijn de zogenaamde derde type randvoorwaarden, zoals rivieren en drains, waarbij de in- of uitstroming lineair afhankelijk is van het grondwaterpeil

$$Q = c_0 (h - h_0) \quad (6)$$

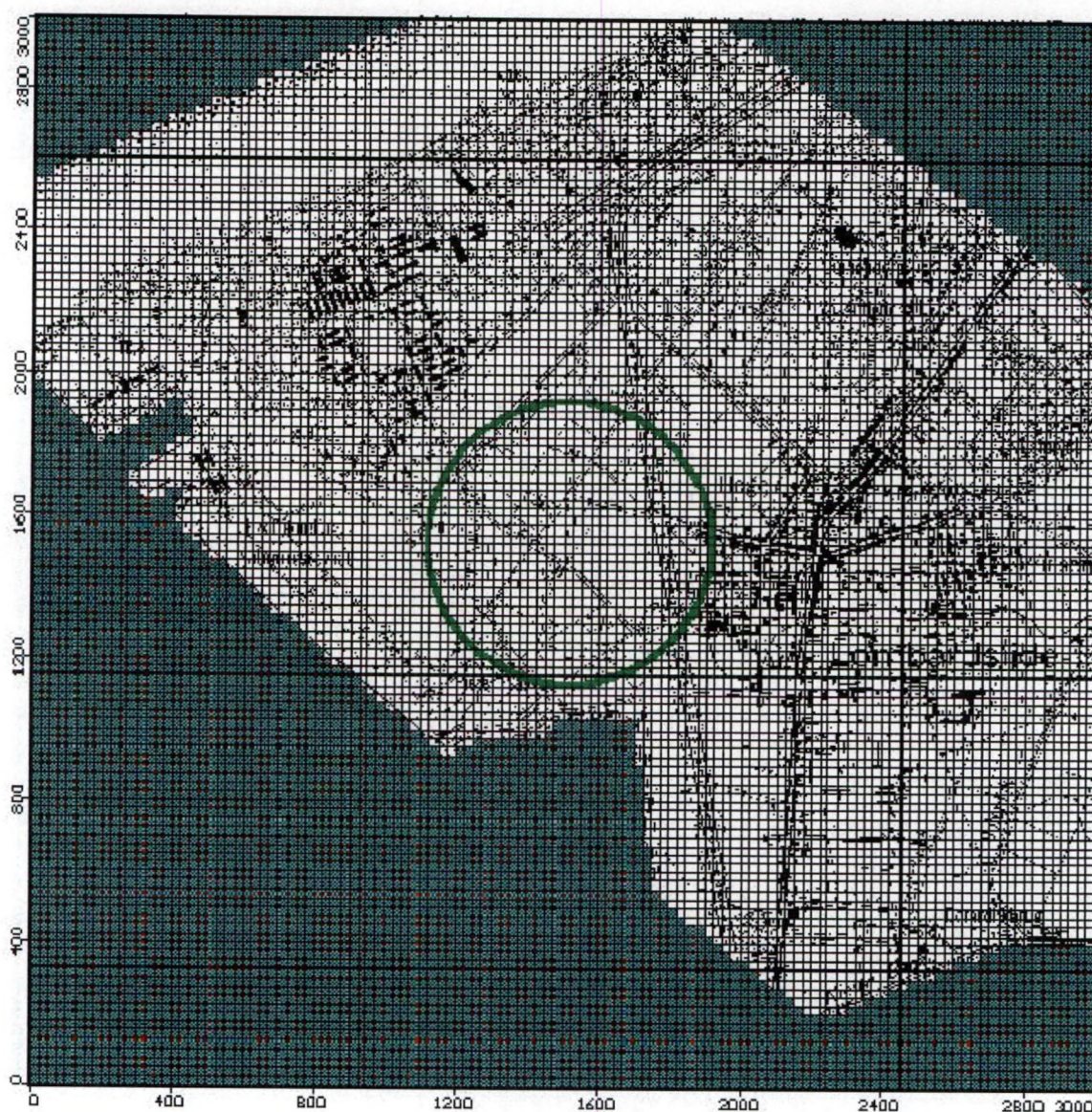
waarbij Q de in- of uitstroming is [L^3/T], c_0 de conductantie [L^2/T] en h_0 een referentie-potentiaal [L]. De conductantie kan aanzien worden als de globale doorlatendheid van een grenslaag door dewelke de stroming plaatsvindt

$$c_0 = A_0 K_0 / D_0 \quad (7)$$

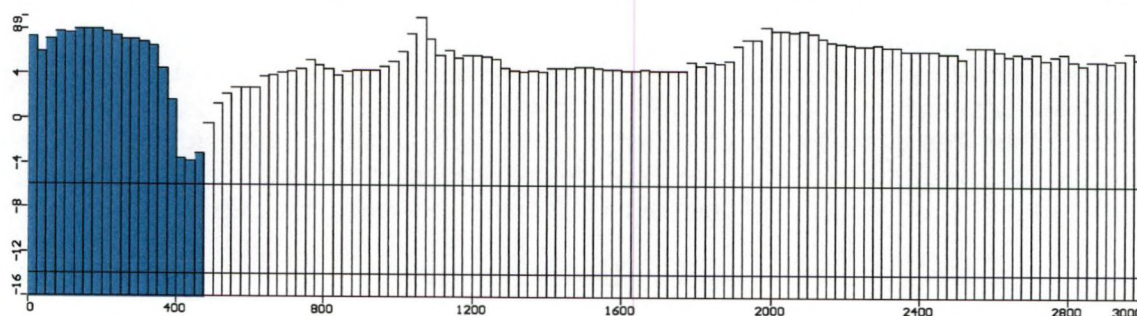
met A_0 de oppervlakte van de grenslaag [L^2], K_0 de doorlatendheid van de grenslaag [L/T] en D_0 de dikte van de grenslaag [L]. Voor een rivier wordt dit respectievelijk de lengte maal de breedte, de doorlatendheid van de sliblaag op de bodem en de dikte van deze sliblaag.

Voor de numerieke simulatie van de grondwaterstroming wordt het studiegebied ingedeeld in rekencellen met horizontale afmetingen van 25 m bij 25 m. De omvang van het gesimuleerde gebied is zoals weergegeven in Figuur 3-15. Het betreft een zone van 3000 m bij 3000 m gecentreerd rond het natuurreservaat. De Lambert coördinaten van deze zone zijn: X-coörd. 35.000 tot 38.000 m, Y-coörd. 204.000 tot 207.000 m.

De ondergrond wordt geschematiseerd tot een systeem van drie lagen, zijnde de freatische grondwaterlaag vanaf het grondoppervlak tot -6 mTAW, de tussenlaag van -6 tot -14 mTAW en de diepere grondwaterlaag van -14 tot -16 mTAW. In het totaal betreft het $3 \times 120 \times 120 = 43.200$ rekencellen. Echter een gedeelte van de cellen is inactief omdat het gesimuleerd gebied beperkt wordt tot de zone ingesloten tussen de zee, de IJzermonding en het Nieuw Bedelf, zoals weergegeven in de figuur. Figuur 3-17 geeft een west-oost doorsnede doorheen het projectgebied.



Figuur 3-15: Horizontale opbouw van het grondwatermodel gecentreerd rond het studiegebied (groene cirkel) met aanduiding van de actieve cellen (wit) en inactieve cellen (groen).



Figuur 3-17: West-oost doorsnede van de numerieke opbouw van het grondwatermodel met aanduiding van de actieve cellen (wit) en inactieve cellen (groen).

Randvoorwaarden voor de freatische grondwaterlaag betreffen voornamelijk de zee, de IJzermonding en het Nieuw Bedelf, die in het model ingevoerd worden als een vaste potentiaal van 2,38 mTAW, overeenkomend met het gemiddeld zeeniveau. De Geleedbeek wordt ingevoerd in het model als een riviervoorwaarde met waterstanden zoals opgemeten in het veld en een conductantie van $25 \text{ m}^2/\text{d}$, berekend met vergelijking (7) en als geschatte waarden van de lengte van de waterloop in een rekencel 25 m, de breedte van de waterloop 1 m, de doorlatendheid van de sliblaag op de bodem van de waterloop $0,1 \text{ m/d}$ en de dikte van de sliblaag 0,1 m.

De verzilting wordt gesimuleerd met het 3D tijdsafhankelijke variabele densiteiten model SEAWAT, ontwikkeld door de Amerikaanse Geologische Dienst (Guo en Langevin, 2002). Dit model is gebaseerd op de combinatie van MODFLOW en MT3D, dat wil zeggen dat het de gekoppelde stromings- en transportvergelijkingen oplost. De stromingsvergelijking wordt geformuleerd aan de hand van de vergelijking van Darcy maar in termen van vloeistof massa door introductie van de densiteit van de vloeistof in plaats van de traditionele volume benadering. Aangenomen wordt dat de densiteit alleen afhankelijk is van de zoutconcentratie in het water. Een impliciete oplossingsprocedure wordt voorgesteld, waarin de stromings- en transportvergelijking net zo lang wordt opgelost in iedere tijdsstap tot dat een maximum verschil in vloeistof densiteit tussen twee iteraties minder is dan een door de gebruiker gespecificeerde tolerantie. De resulterende berekende densiteiten kunnen uiteindelijk weer omgezet worden naar zoutconcentraties.

3.2. Vastleggen toetsingskader

Om de basisstreefbeelden, die vertaald werden naar natuurontwikkelingsplannen, te kunnen vergelijken en te kunnen evalueren is het noodzakelijk dat zowel de randvoorwaarden als een stel van toetsingskarakteristieken worden vastgelegd, zowel inzake het watersysteem, als inzake karakteristieken van het natuurlijk systeem.

3.2.1. Toetsingskarakteristieken

In deze fase zal een duidelijk overzicht worden gemaakt van de karakteristieken (en hun waarden) waaraan dient voldaan te worden bij het beoordelen van inrichtingsmaatregelen en begeleidende maatregelen voor de realisatie van de natuurontwikkelingsplannen. Het is evident dat deze waarden kunnen verschillen in functie van het onderzochte natuurplan. Tevens zal onderscheid worden gemaakt naar het watersysteem en naar de aspecten inzake natuur.

Volgende karakteristieken zijn bekeken:

- Maximaal, gemiddeld en minimaal waterpeil in de Hemmepolder en opwaarts
- Eventueel het te bergen volume of het te verpompen volume opwaarts de Hemmepolder
- Gemiddelde, maximale en minimale stroomsnelheden in de kreek en het Geleed
- Overstroomde oppervlakte in de Hemmepolder
- Waterhoogte op het terrein gedurende overstrooming
- Maximaal, gemiddeld en minimaal grondwaterpeil in de polder
- Kans op verzilting van het grondwater
- Gerealiseerde arealen die voldoen aan de vooropgestelde streefpeilen voor natuurontwikkeling

3.2.2. Referentiesituatie oppervlaktewater

3.2.2.1. Afwaartse en opwaartse randvoorwaarden

Uit de hydrogramsequentie zijn de 10 maatgevende stormen geselecteerd waarvan 5 werden geselecteerd op het hoogste piekdebiet en 5 die werden geselecteerd op het maximale overstroomingsvolume. Deze gelden als opwaartse randvoorwaarden. In Tabel 3-10 worden de geselecteerde stormen voorgesteld.

Tabel 3-10: geselecteerde stormen voor doorrekenen van scenario's

| Nummer Hydrogramsequentie | Begin storm | piek | Eind v/d storm | Terugkeerperiode |
|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 19 | 15/12/1952 10:59 | 21/12/1952 1:59 | 22/12/1952 8:59 | 3.1 |
| 65 | 12/11/1956 11:00 | 12/11/1956 12:00 | 12/11/1956 14:00 | 3.2 |
| 49 | 12/03/1994 9:00 | 19/03/1994 10:00 | 20/03/1994 13:00 | 6.2 |
| 144 | 10/01/1920 7:00 | 15/01/1920 3:00 | 18/01/1920 14:00 | 6.3 |
| 58 | 22/05/1965 5:00 | 28/05/1965 5:00 | 29/05/1965 10:00 | 8.7 |
| 62 | 9/01/1981 15:00 | 15/01/1981 2:00 | 16/01/1981 3:00 | 10.0 |
| 60 | 21/06/1981 10:00 | 29/06/1981 13:00 | 30/06/1981 13:00 | 20.7 |
| 63 | 28/07/1996 12:00 | 29/08/1996 17:00 | 30/08/1996 23:00 | 26.7 |
| 141 | 1/05/1978 16:00 | 3/05/1978 10:00 | 5/05/1978 21:00 | 37.0 |

| Nummer Hydrogramsequentie | Begin storm | piek | Eind v/d storm | Terugkeerperiode |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 64 | 1/12/1960 22:00 | 4/12/1960 18:00 | 5/12/1960 18:00 | 65.1 |

Om de verschillende variantes met elkaar te toetsen zullen de resultaten van de simulaties met de maatgevende hydrogrammen getoetst worden aan de verschillende scenario's en variante

3.2.2.2. Resultaten

Om de referentiesituatie vanuit de simulatie met de maatgevende hydrogrammen te bepalen worden dezelfde criteria gehandhaafd als bij het doorrekenen van de totale hydrogramsequentie. De resultaten hiervan worden weergegeven in de onderstaande tabel (Tabel 3-11).

Tabel 3-11: referentiesituatie bij simuleren van maatgevende hydrogrammen.

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 1.73 | 3.85 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.60 | 3.87 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.32 | 3.88 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 2739 | 3.88 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

Het waterpeil in het Geleed wordt vooral bepaald door de sturing van het Piete Sas. In de bestaande toestand wordt het water één keer per etmaal geloosd. Het debiet (en dus de snelheid) wordt bepaald door de vulling van het Geleed. Wanneer het waterpeil in het Geleed hoog staat zal het lozingsdebiet groot zijn. In de referentiesituatie is de maximale snelheid van het water aan het Piete Sas 2.2 m/s. Deze pieksnelheid komt voor bij het openen van de sluis. Deze snelheid brengt geen problemen mee voor de Kreek van Lombardsijde. Dit komt omdat het water achter het Sas zich zijwaarts kan verspreiden en dat de snelheid in de geul sterk daalt. De overstromingsvolumes zijn in de referentietoestand erg klein. De overstromingskaart in de referentietoestand (Illustratie 15) is bijgevoegd in Bijlage 9.

3.2.3. Referentiesituatie grondwater

Om een globaal beeld te krijgen van het grondwatermodel worden in de onderstaande Tabel 3-12 de belangrijkste statistische waarden voorgesteld. De tweede rij bestaat uit absolute TAW-waarden, in de eerste rij worden de relatieve waarden onder maaiveld weergegeven.

Tabel 3-12: Referentiesituatie grondwater in projectgebied

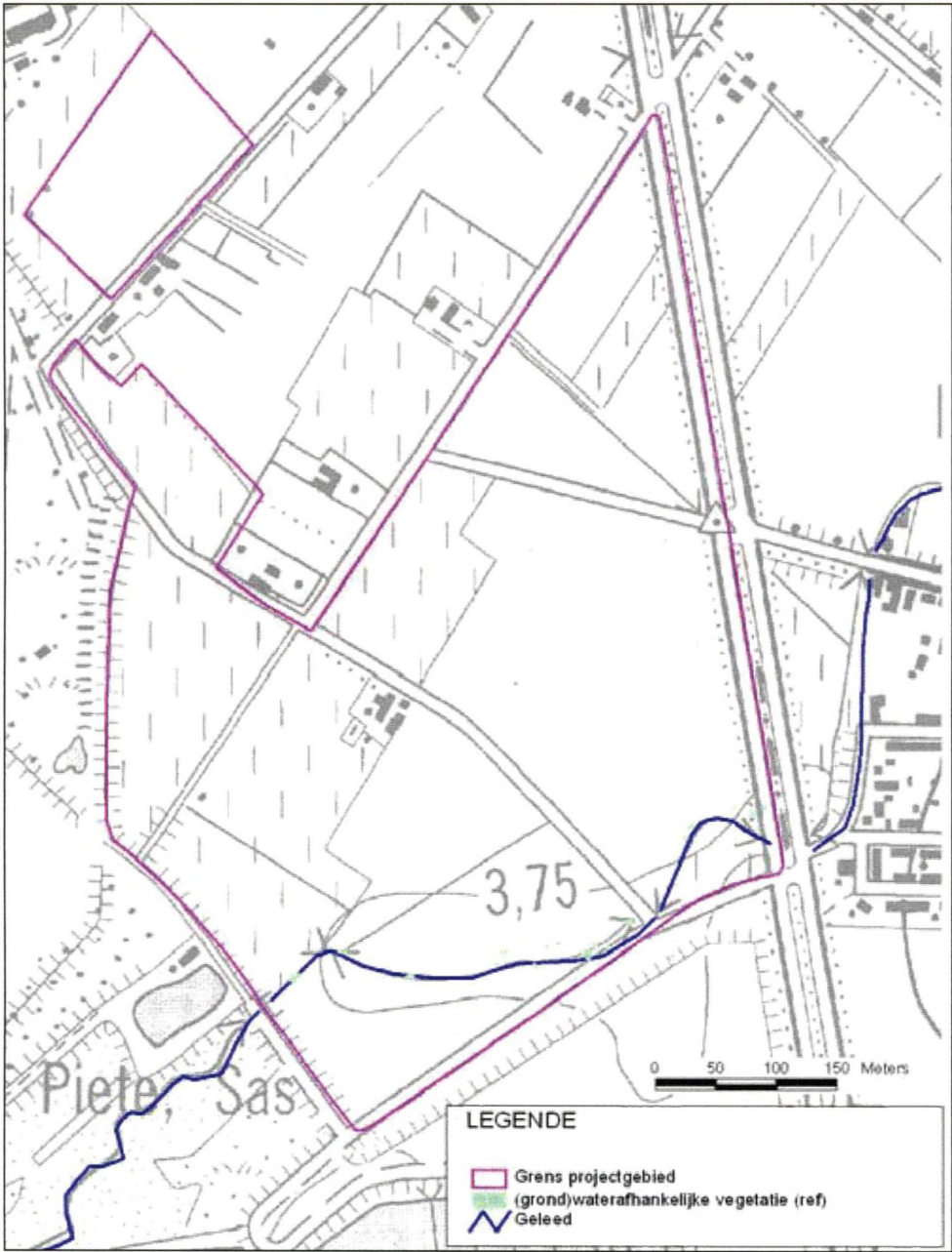
| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|------------------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| referentiesituatie (zomer) | meter boven maaiveld | -5.11 | 0.15 | -1.65 | 0.51 |
| | mTAW | 2.47 | 3.16 | 2.82 | 0.15 |
| referentie situatie (winter) | meter boven maaiveld | -5.00 | 0.40 | -1.31 | 0.49 |
| | mTAW | 2.54 | 3.59 | 3.15 | 0.22 |

In Illustratie 1 in Bijlage 7 worden de minimale zomerwaterstanden onder maaiveld [m] in en rond het projectgebied afgebeeld. De hoogste relatieve waterstanden stemmen niet overeen met de hoogste absolute waterstanden. De relatieve waterstanden worden bekomen door de waarde van de absolute waterstanden af te trekken van hoogte van het maaiveld. Het water komt boven het maaiveld (een positieve waarde) in het Geleed. De relatief laagste waterstanden worden onder de Halvemaandijk aangetroffen.

In de bestaande toestand verloopt de grondwaterstroming vooral naar de IJzermonding (Illustratie 3). In de zomer heeft het Geleed in de Hemmepolder een voedende functie. Het water infiltreert vanuit de waterloop naar het grondwater. Bij de maximale grondwaterstanden is de grondwaterstroming omgekeerd. Het grondwater stroomt in de Hemmepolder naar het Geleed. Illustratie 4 in Bijlage 7 geeft een overzicht van de absolute grondwaterpeilen in de Hemmepolder.

De volgende figuur (Figuur 3-19) geeft een overzicht van de plaatsen waar het water minder dan 75 cm onder het maaiveld zakt in de zomer en in de winter minstens tot 45 cm onder het maaiveld stijgt. Deze plaatsen worden gedefinieerd als gebieden waar grondwaterafhankelijke vegetatie tot ontwikkeling kan komen.

In de referentiesituatie is het niet mogelijk een grondwaterafhankelijk biotoop te scheppen.



Figuur 3-19: grondwaterafhankelijke vegetatie in referentiesituatie

3.3. Toetsing natuurontwikkelingsplannen via modellen ontworpen toestand

Het toetsingskader is vastgelegd en de modellen zijn ontwikkeld en afgeijkt voor de bestaande toestand, In de volgende paragrafen zullen de resultaten worden voorgesteld van de verschillende simulaties. Voor elk van de basisstreefbeelden is een noodzakelijk stel simulaties doorerekend dat moet toelaten om de toetsingsvragen te kunnen beantwoorden.

Er steeds worden nagegaan of een voorzien stel inrichtingsmaatregelen leidt tot een positieve evaluatie t.o.v. het toetsingskader. Indien ja, dan wordt het natuurontwikkelingsplan als getoetst beschouwd en kan worden overgegaan tot de multicriteria analyse. Indien neen, dan dienen flankerende maatregelen te worden voorzien en hun effecten opnieuw doorerekend met de modellen en getoetst te worden t.o.v het toetsingskader.

Voor het grondwater zijn op basis van het gekalibreerde model voor de huidige toestand, het scenario 'natte graslanden, het scenario 'natte zilte graslanden en het scenario 'slikke en schorre' van de natuurontwikkeling onderzocht. Hiertoe is voor iedere variant de randvoorwaarden aangepast zoals ontworpen wordt in het scenario. Dat wil zeggen dat zowel topografie wijzigingen, ligging en diepte van kreken en waterlopen, als ook oppervlakte waterpeilen en eventueel zoutconcentratie (densiteiten) in de verschillende randvoorwaarden zijn aangepast. Vanuit deze nieuwe situatie zal de ontwikkeling van de verzilting ruimtelijk en temporeel in planzicht voor het freatisch grondwater bepaald en gevisualiseerd kunnen worden.

3.3.1. Scenario 1: “natte graslanden”, binnendijsk herstel van geulen en poldergraslanden met algemene vernatting zonder bijkomende verzilting

3.3.1.1. Variante 1a: opstuwing van het Geleed tot 3.70 mTAW

3.3.1.1.1 Beschrijving

Het Geleed wordt opgestuwd tot 3.70 m TAW door een drempel te bouwen vlak voor het Piete Sas. Het peil van 3.70 mTAW ligt 1.05 m hoger dan het drempelpeil van het Piete Sas in de referentietoestand (2.65 mTAW) Het doel van deze variante is een vernatting te veroorzaken van de poldergronden. De topografie is dezelfde als in de referentiesituatie. Er worden geen ingrepen uitgevoerd aan de ligging en bedding van het Geleed. Deze variante is zowel hydraulische als hydrologisch doorgerekend. De afwaartse en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in de referentiesituatie

3.3.1.1.2 Oppervlaktewater

Door de opstuwing van het Geleed is veel minder buffervolume beschikbaar in de bedding dan bij de referentiesituatie. Het water overstroomt veel sneller. De waterstand in de Hemmepolder stijgt gemiddeld met 0.2 meter omdat de polders gebruikt worden om het overtollige water te bergen. Er wordt dan 6000 m³ meer water naar de poldervlakte gestuurd.

De debieten die afgevoerd worden bij laag tij zijn veel lager dan in de referentiesituatie. Dit komt omdat de drukopbouw aan het Piete Sas in de referentiesituatie 1m20 bedraagt en bij deze variante is dit 36 cm. In Tabel 3-13 worden de toetsingskarakteristieken van variante 1a samengevat.

In Illustratie 16 van Bijlage 9 wordt de overstromingskaart weergegeven

Tabel 3-13: situatie bij variante 1a bij de hydrodynamische simulatie.

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 0.40 | 4.06 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.30 | 4.07 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.31 | 4.06 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 8549 | 4.07 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

Ter hoogte van Lombardsijde stijgt het maximaal waterpeil met 19 cm en dit is hoger dan in de referentiesituatie. Deze opstuwing veroorzaakt geen overstromingen ter hoogte van Lombardsijde dorp.

Maar vermits een ‘verslechtering’ van de situatie optreedt moeten milderende maatregelen genomen worden. Men kan een nieuwe regelstructuur aan de Kustweg bouwen om het waterpeil in het Geleed opwaarts hiervan te controleren. Een pompstation is hiervoor het meest

aangewezen. Bij hoogtij, wanneer het water het maximaal referentiepeil (3.88 mTAW) overstijgt kan dit peil gecontroleerd worden door het water over te pompen naar de Hemmepolder.

3.3.1.1.3 Grondwater

Om een globaal beeld te krijgen van het grondwater worden in de onderstaande tabel (Tabel 3-14) de belangrijkste statistische waarden voorgesteld. De tweede rij bestaat uit absolute TAW-waarden, in de eerste rij worden de relatieve waarden onder maaiveld weergegeven.

Tabel 3-14: situatie grondwater in projectgebied – variante 1a

| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|----------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 1a (zomer) | meter boven maaiveld | -4.97 | 0.28 | -1.52 | 0.55 |
| | mTAW | 2.55 | 3.19 | 2.94 | 0.13 |
| Variante 1a (winter) | meter boven maaiveld | -4.86 | 0.54 | -1.19 | 0.51 |
| | mTAW | 2.62 | 3.62 | 3.27 | 0.17 |

Uit deze algemene gegevens blijkt dat de opstuwing van het oppervlaktewater in het Geleed een duidelijk effect heeft op de stijging van de waterspiegel, vergeleken met referentietoestand stijgt het grondwater gemiddeld met 12 à 13 cm.

In Bijlage 7 worden in Illustratie 5 (zomer) en Illustratie 6 (winter) de verschillen in waterstanden in vergelijking met de referentiesituatie getoond. Deze figuren illustreren dat het effect echter beperkt blijft tot de plaats van opstuwing. Met deze variante 1a kan potentieel amper 0.7 ha grondwaterafhankelijke biotoop ontwikkeld worden (Figuur 3-21). De gemiddelde grondwaterstand blijft meer dan 1 meter onder het maaiveld.

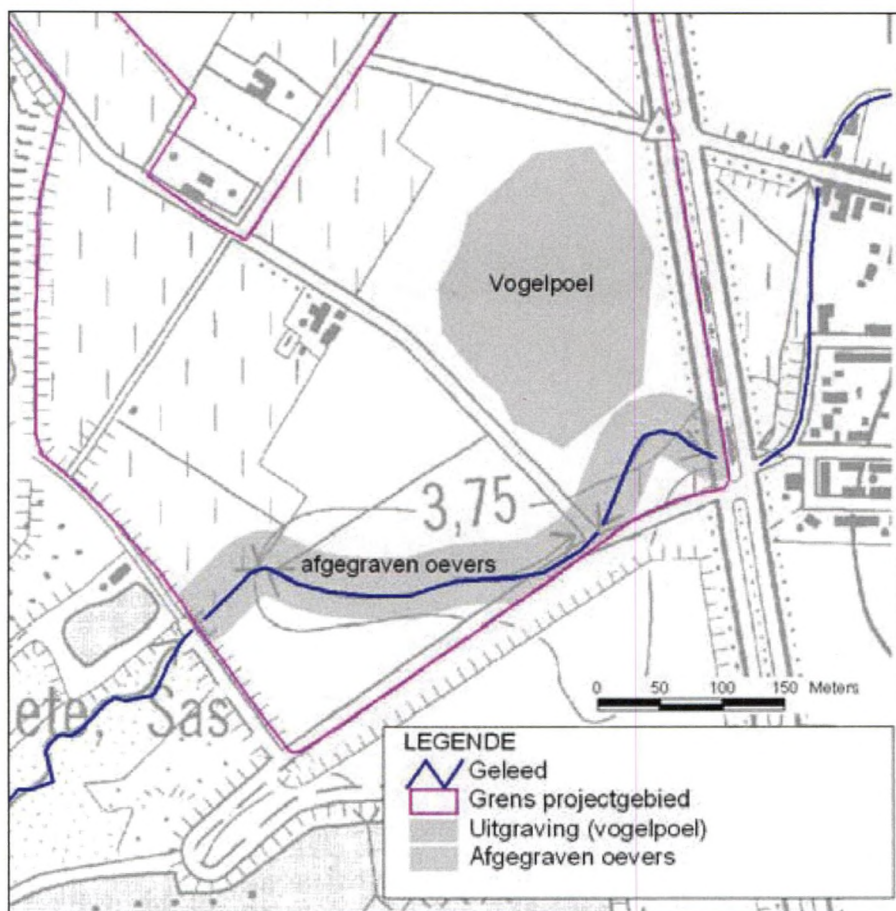


Figuur 3-21:grondwaterafhankelijke vegetatie bij variante 1a.

3.3.1.2. Variante 1b: oeverzone afgraven (50m in totaal) en geïsoleerde draszone in oosten creëren met behoud huidig peil Geleed

3.3.1.2.1 Beschrijving

Het Geleed wordt niet opgestuwd maar de topografie wordt gewijzigd. De oeverzone wordt op de rechteroever 30 meter afgegraven en op de linkeroever is dit 20 meter zodat een talud met een kleine helling wordt afgegraven. Tussen de Alexisstraat en de Kustweg wordt het terrein afgegraven zodat een depressie ontstaat van 2.2 ha waarvan de bodem op 3.5 mTaw ligt. Naar deze depressie wordt verder in de tekst als 'plas' verwezen. In Figuur 3-23 is de situering van de topografische aanpassingen aangeduid.



Figuur 3-23: verandering topografie variante 1b

Deze variante is zowel hydraulische als hydrologisch doorgerekend. De afwaartse en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in de referentiesituatie.

3.3.1.2.2 Oppervlaktewater

In de onderstaande tabel worden de voornaamste resultaten van de simulatie samengevat.

Tabel 3-15: Resultaten van de hydrodynamische simulatie bij variante 1b.

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 1.82 | 3.77 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.48 | 3.78 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.31 | 3.79 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 0 | NVT |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

Door de verbreding van de bedding wordt genoeg bergingsruimte gecreëerd om geen overstromingen meer te veroorzaken in de Hemmepolder. Dankzij deze ingreep verkleint de overstromingskans in de Hemmepolder en stijgt het water minder hoog ter hoogte van Lombardsijde dorp dan in de referentietoestand. Er moeten geen bijkomende ingrepen worden uitgevoerd om de oppervlakkige afvoer te garanderen. De overstromingskaart is bijgevoegd als Illustratie 17 in Bijlage 9

3.3.1.2.2.1 Grondwater

De verbreding van de bedding heeft een zeer gering effect op de verandering van grondwaterstanden in de Hemmepolder in vergelijking met de referentie situatie.

Tabel 3-16: Situatie grondwater in projectgebied – variante 1b

| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|----------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 1b (zomer) | meter boven maaiveld | -5.02 | 0.65 | -1.50 | 0.67 |
| | mTAW | 2.52 | 3.15 | 2.85 | 0.12 |
| Variante 1b (winter) | meter boven maaiveld | -4.94 | 0.81 | -1.20 | 0.62 |
| | mTAW | 2.55 | 3.58 | 3.15 | 0.20 |

Uit de gegevens uit Tabel 3-16 en Tabel 3-15 blijkt dat de absolute waarden nauwelijks veranderen in vergelijking met de referentietoestand. Het minimumpeil in de zomer verhoogt lichtjes omdat meer water vanuit het Geleed naar de ondergrond infiltreert maar is zeker niet

voldoende om een grondwaterafhankelijke vegetatie te laten ontwikkelen. De relatieve cijfers veranderen natuurlijk wel omdat de topografie van het projectgebied is gewijzigd.

Dankzij de afgraving kan in deze variante grondwaterafhankelijke vegetatie tot stand komen. De oppervlakte die hierdoor ingenomen wordt is 3.9 ha. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 3-25.



Figuur 3-25: (grond)waterafhankelijke vegetatie bij variante 1b

3.3.1.3. **Variante 1c: oeverzone afgraven (50m in totaal) en geïsoleerde draszone in oosten creëren met opstuwing Geleed tot 3.70mTAW**

3.3.1.3.1 **Beschrijving**

Deze variante is een combinatie van de vorige twee varianten (1a en 1b). De topografie wordt gewijzigd zoals in variante 1b en het Geleed wordt opgestuwd op dezelfde wijze als bij de variante 1a. Deze variante is zowel hydraulisch als hydrologisch doorgerekend. De afwaartse en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in de referentiesituatie.

3.3.1.3.2 **Oppervlaktewater**

In de onderstaande tabel worden de voornaamste resultaten samengevat.

Tabel 3-17: resultaten van de hydrodynamische simulatie bij variante 1c.

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 0.28 | 3.95 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.23 | 3.96 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.31 | 3.96 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 25814 | 3.96 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

In deze variante 1c moet meer dan 20000 m³ oppervlaktewater extra worden geborgen. Dankzij de verbreding en het uitgraven van de 'plas' is in het projectgebied veel meer bergingsruimte aanwezig en kan het overtollige water opgevangen worden. Het waterpeil stijgt minder hoog dan in de variante 1a. De overstromingskaart (Illustratie 18) is bijgevoegd in Bijlage 9.

Het maximum waterpeil in Lombardsijde bedraagt 3.96 mTAW, dat is 8 cm hoger dan in de referentiesituatie.

3.3.1.3.2.1 **Grondwater**

In de onderstaande tabel (Tabel 3-18) worden voor deze variante de toetsingswaarden opgelijst.

Tabel 3-18: situatie grondwater in projectgebied – variante 1c

| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|---------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 1c (zomer) | meter boven maaiveld | -4.81 | 1.40 | -1.17 | 0.79 |
| | mTAW | 2.69 | 3.62 | 3.18 | 0.18 |

| | | | | | |
|----------------------|----------------------|-------|------|-------|------|
| Variante 1c (winter) | meter boven maaiveld | -4.67 | 1.44 | -0.88 | 0.71 |
| | mTAW | 2.75 | 3.69 | 3.47 | 0.15 |

De aanpassing van de topografie en de opstuwing van het Geleed heeft een positief effect op de vernatting van de Hemmepolder. De oppervlakte die aangewend kan worden om grondwaterafhankelijke vegetatie tot ontwikkeling te kunnen laten komen is bij deze variante 1c, 6.6 ha, 2.7 ha meer dan in variante 1b. Dit is onder meer te wijten aan de sterke stijging van het grondwaterpeil in de zomer. Deze bereikt meer dan 80 cm langs het Geleed in de zomer en 60 cm in de winter maar is niet voldoende om een voldoende vernatting te veroorzaken over het hele gebied. Dit wordt verduidelijkt in Illustratie 7 en in Illustratie 8 in Bijlage 8. In Figuur 3-27 zijn de plaatsen aangeduid waar grondwaterafhankelijke vegetatie verwacht kan worden.

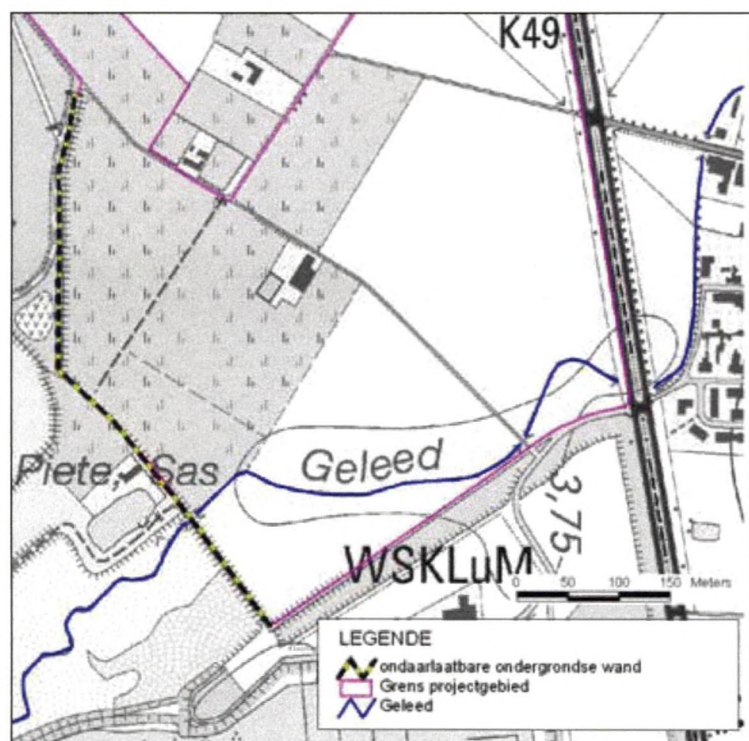


Figuur 3-27: grondwaterafhankelijke vegetatie bij variante 1c

3.3.1.4. Variante 1d: opstuwing van het grondwater door de plaatsing van een ondoorlaatbare wand van 10 meter

3.3.1.4.1 Beschrijving

Aangezien de varianten 1a, 1b en 1c de grondwatertafel te laag bleef, wordt in deze variante 1d een ondoorlaatbare wand geplaatst over een diepte van 10 meter (dit is tot een diepte van -2 mTAW). De ligging ervan volgt de Halvemaandijk. In Figuur 3-29 is dit afgebeeld. Het doel ervan is een opstuwing van het grondwater te genereren door de grondwaterstroming naar de IJzer te verhinderen of zeker te verminderen. Deze ondoorlaatbare wand kan onder andere met damplanken worden gerealiseerd.



Figuur 3-29: variante 1d, ondoorlaatbare wand t.h.v. Halvemaandijk

In deze variante wordt niets veranderd aan de oppervlakkige afstroming, er wijzigt niets tegenover de referentiesituatie en bijgevolg hoeft deze toestand niet gemodelleerd te worden. De randvoorwaarden van het model veranderen niet.

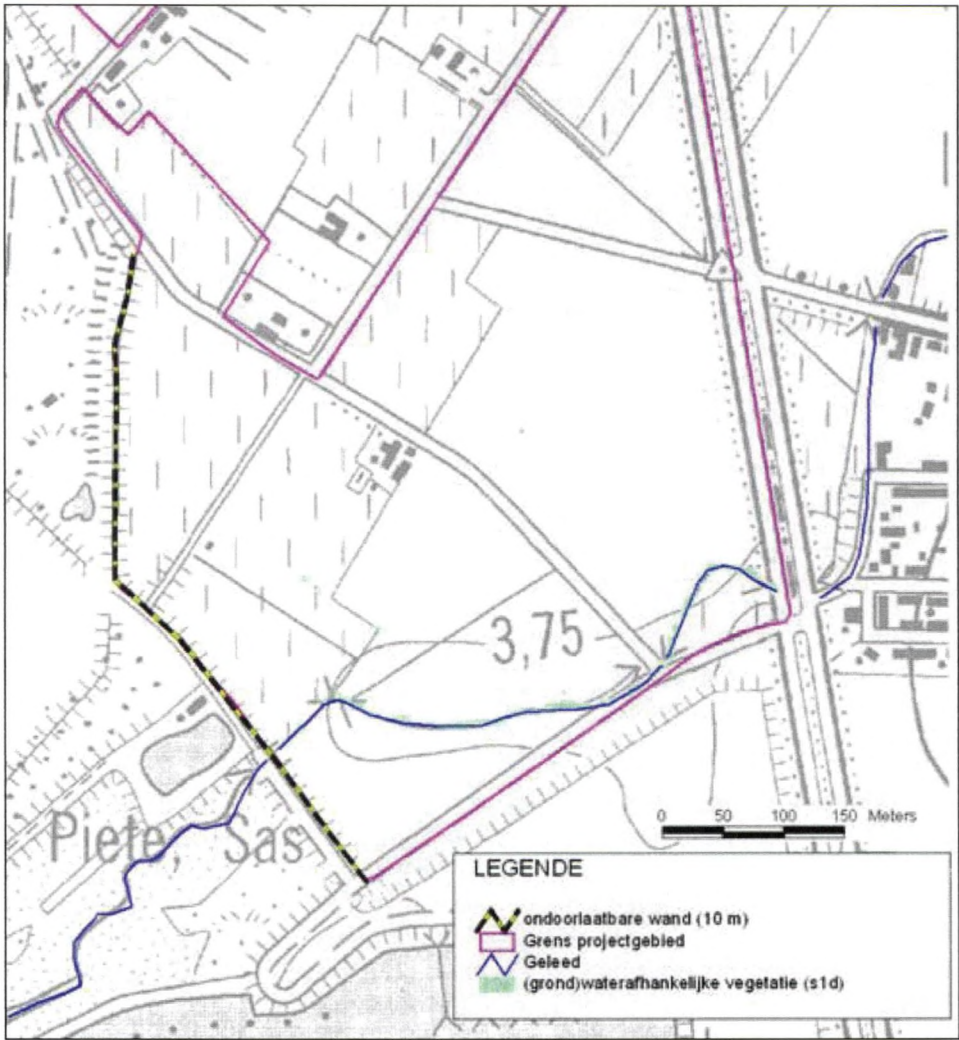
3.3.1.4.2 Grondwatermodel

De plaatsing van de ondoorlaatbare wand heeft een zeer gering effect in de winter maar een groter effect in de zomer. Het is echter helemaal niet voldoende om het grondwater dicht genoeg tot bij het maaiveld te doen stijgen. De effectiviteit is lager dan de opstuwing van het Geleed in variante 1c. De toetsingswaarden zijn in Tabel 3-19 verzameld. Deze waarden verschillen weinig met de referentiewaarden. Dit komt doordat het Geleed een sterkere drainerende rol kan spelen die de grondwaterstijging veroorzaakt door de onderlaatbare wand compenseert. In Bijlage 8 zijn de relatieve grondwaterstijgingen in vergelijking met de referentiesituatie toegevoegd.

In de winter stijgt het water maximaal 10 cm en daalt het met 5 cm ter hoogte van de kustweg en Lombardsijde dorp. In Figuur 3-31 is de kaart met de grondwaterafhankelijke vegetatie zichtbaar. Door deze ingreep komt 0.2 ha in aanmerking voor de ontwikkeling van dit soort vegetatie.

Tabel 3-19: situatie grondwater in projectgebied – variante 1d

| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|----------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 1d (zomer) | meter boven maaiveld | -5.01 | 0.14 | -1.61 | 0.52 |
| | mTAW | 2.53 | 3.15 | 2.85 | 0.12 |
| Variante 1d (winter) | meter boven maaiveld | -4.94 | 0.32 | -1.31 | 0.48 |
| | mTAW | 2.57 | 3.58 | 3.16 | 0.20 |



Figuur 3-31: grondwaterafhankelijke vegetatie in variante 1d

3.3.1.5. **Variante 1e: opstuwing van het grondwater door de plaatsing van een diepe ondoorlaatbare wand over de hele diepte van het kwartair (diepte 24 meter)**

3.3.1.5.1 **Beschrijving**

In deze variante wordt een ondoorlaatbare wand geplaatst over een diepte van 24 meter. De ligging ervan volgt de Halvemaandijk en is afgebeeld in Figuur 3-29 . Het doel ervan is een hogere opstuwing van het grondwater te genereren dan in variante 1d.

In deze variante is zoals in variante 1d de oppervlakkige afvoer niet gemodelleerd, er verandert niets in vergelijking met de referentiesituatie

3.3.1.5.2 **Grondwater**

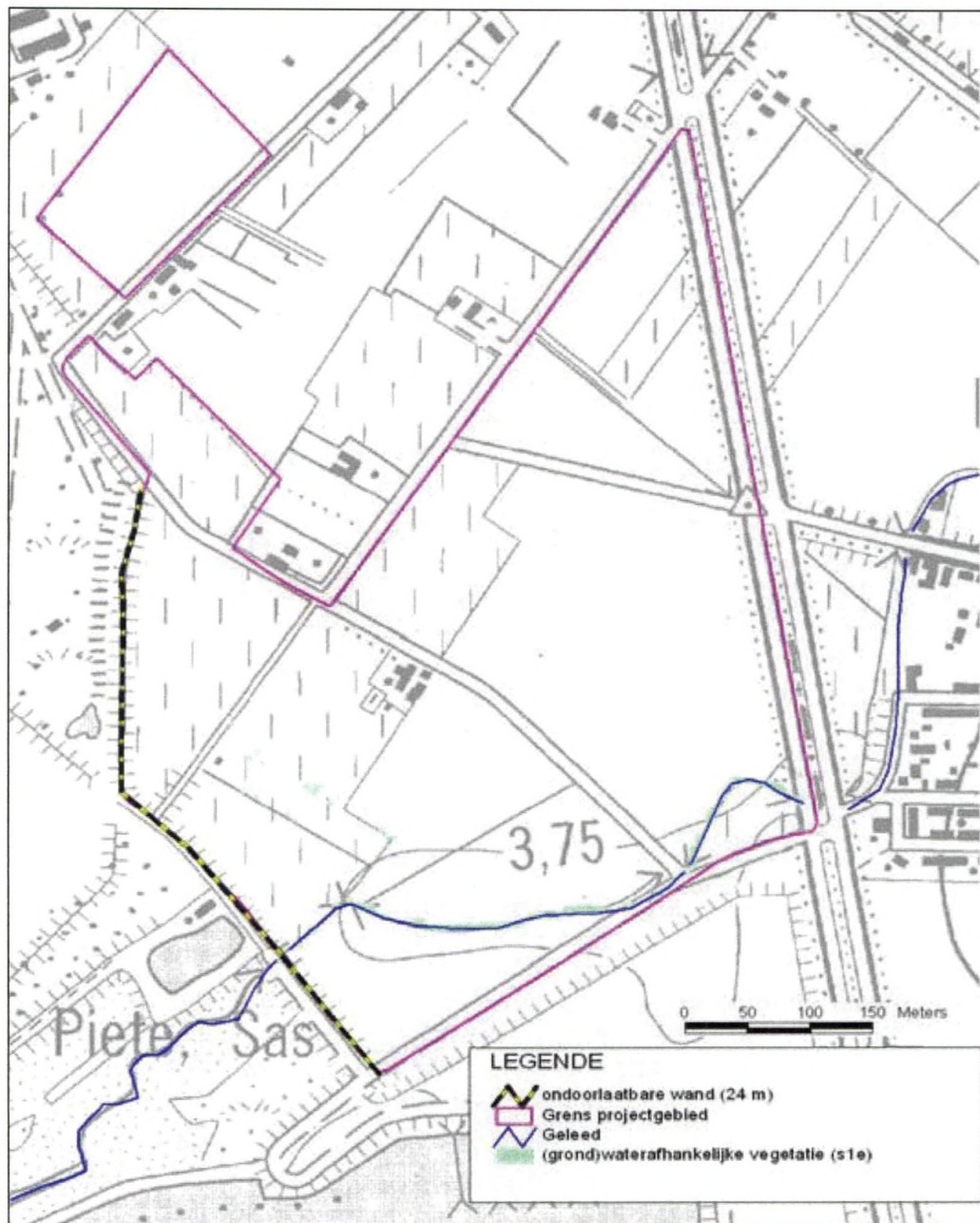
De plaatsing van een diepe ondoorlaatbare wand heeft als effect dat zowel in de winter als in de zomer het grondwater met gemiddeld 5 cm stijgt in vergelijking tot variante 1d. Het is echter eveneens niet voldoende om het grondwater dicht genoeg tot bij de oppervlakte te doen stijgen.

Tabel 3-20: situatie grondwater in projectgebied – variante 1e

| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|------------------------|----------------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 3 (zomer) | meter boven maaiveld | -4.96 | 0.15 | -1.56 | 0.52 |
| | mTAW | 2.47 | 3.17 | 2.90 | 0.10 |
| Variante 3 (winter) | meter boven maaiveld | -4.94 | 0.33 | -1.26 | 0.48 |
| | mTAW | 2.58 | 3.59 | 3.20 | 0.19 |

In de winter stijgt het water maximaal met meer dan 25 cm. Zoals bij variante 1d is het effect minder groot in de winter dan in de zomer. In de zomer reikt de invloed van de ondoorlaatbare wand verder dan in de winter (cfr variante 1d). Het effect laat zich vooral voelen langs de damwanden en vermindert erg snel. Het heeft geen nefaste invloed buiten het projectgebied.

Het bouwen van een ondoorlaatbaar scherm van 24 meter diep is geen oplossing om grondwaterafhankelijke vegetatie te creëren. In het totaal komt amper 0.2 ha beschikbaar waar het grondwater dicht genoeg bij het maaiveld staat om een nat biotoop te doen ontwikkelen (Figuur 3-33). In Bijlage 8 is de stijging van het grondwater veroorzaakt door de plaatsing van een niet doorlaatbare wand afgebeeld in Illustratie 9 (zomer) en in Illustratie 10 (winter).



Figuur 3-33: grondwaterafhankelijke vegetatie bij variante 1d

3.3.1.6. Variante 1f: de toplaag van het projectgebied afgraven over een diepte van 60 cm

3.3.1.6.1 Beschrijving

Bij deze variante wordt het projectgebied met 60 cm afgegraven. Het doel hiervan is het grondwater dichterbij het maaiveld te brengen zodat grondwaterafhankelijke vegetatie tot ontwikkeling kan komen.

In deze variante is het niet noodzakelijk een grondwatermodellering uit te voeren. Er verandert niets aan het grondwatersysteem. Deze variante wordt wel doorgerekend met het hydrodynamisch model. De afwaartse en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in de referentiesituatie

3.3.1.6.2 Oppervlaktewater

In de onderstaande tabel worden voornaamste resultaten samengevat.

Tabel 3-21: Situatie bij variante 1f bij de hydrodynamische simulatie.

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 0.88 | 3.30 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.39 | 3.38 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.31 | 3.49 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 22830 | 3.36 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

Door de verlaging van het maaiveld en de oevers van het Geleed overstroomden de polders veel meer. In totaal wordt maximaal 22830 m³ geborgen in de poldervlakte. Deze variante verhoogt de veiligheid voor Lombardsijde, door meer bergingsruimte te creëren in de Hemmepolder en het verlaagt het maximaal waterpeil ter hoogte van Lombardsijde.

In deze variante 1f worden de oppervlakkige droogweerafvoer en het grondwaterregime niet veranderd. De relatieve grondwaterstand verandert door het afgraven van het maaiveld natuurlijk wel. Hieruit blijkt dat bij deze variante 5.8 ha onder de invloed van het grondwater komt te staan. Dit is minder dan in variante 1d maar het peil van het Geleed wordt niet beïnvloed. In Figuur 3-35 is de zone met grondwaterafhankelijke vegetatie aangeduid.



Figuur 3-35: grondwaterafhankelijke vegetatie bij variante 1f

3.3.1.7. Conclusie scenario 1

Uit de verschillende varianten van scenario 1 blijkt dat een vernatting van de Hemmepolder niet mogelijk is zonder topografische aanpassingen te doen. De opstuwing van het Geleed zonder het terrein af te graven brengt geen natuurmeerwaarde met zich mee. Het maaiveld moet dicht bij het grondwater gebracht worden.

Men kan natuurlijk profiteren van de ontmanteling van een deel van de straten die overbodig zijn geworden zoals de Wiegestraat en het deel van de Alexisstraat gelegen tussen de Boerderij en de Halvemaanstraat om slenken ter hoogte van deze straten uit te diepen. Dit draagt bij tot de ontsnippering van het gebied en is o.a. bevorderende voor de rust van (avi-)fauna.

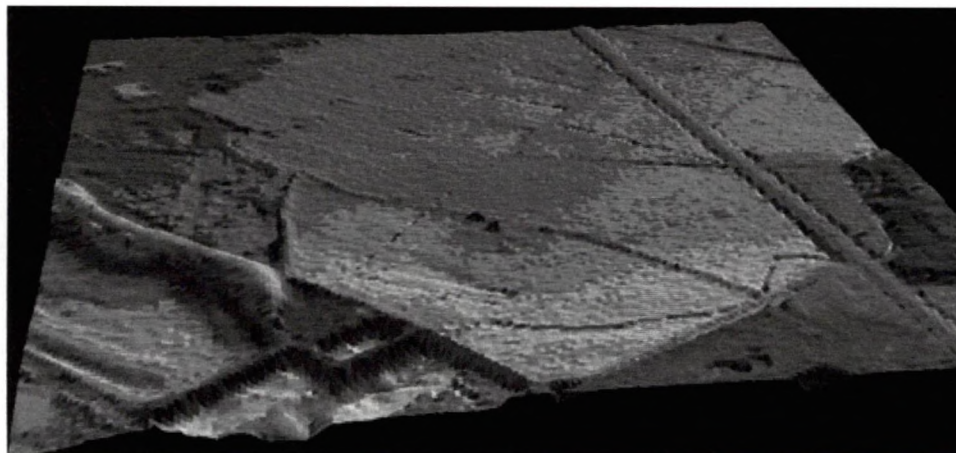
Dankzij de opstuwing van het Geleed stijgt het grondwater maar het effect is niet voldoende om een aanvaardbare vernatting te genereren. Variante 1b (afgraven van de oevers en creëren van 'plas') en variante 1f (afgraven van Hemmepolder met 60 cm) hebben de minste impact buiten het projectgebied, ze verhogen zelfs de veiligheid tegen overstromingen buiten de Hemmepolder. Met deze beide varianten moeten geen harde bouwkundige werken worden uitgevoerd. Het Piete Sas mag blijven zoals het is maar de bediening die momenteel in handen is van de landbouwer die nog actief is in het gebied, moet worden overgenomen. De sluis moet minstens eenmaal per dag worden geopend om de polder te kunnen doen ontwateren. Dit scenario is combineerbaar met het voortzetten van de bedrijfsactiviteiten op de boerderij. De uitbreiding van hydrofiele vegetatie kan bewerkstelligd worden door de uitgegraven depressie te vergroten of door andere delen van de Hemmepolder af te graven. Wanneer men in het ganse projectgebied grondwaterafhankelijk vegetatie wenst te ontwikkelen moet globaal 250 000 m³ grond afgegraven en afgevoerd worden. Dit grondverzet kost ongeveer 1 000 000 Euro.

3.3.1.8. Zeewering

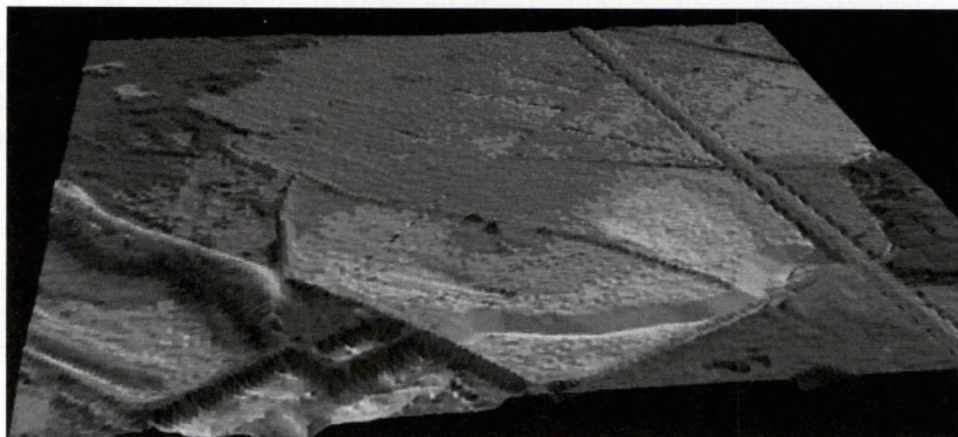
De veiligheid van de zeewering blijft dezelfde als in de referentiesituatie. Er moeten geen bijkomende maatregelen worden getroffen. De stabiliteit van de dijk moet echter gegarandeerd blijven.

3.3.1.9. Landschap en cultuurhistorie

De variante 1a heeft een zeer geringe impact op het landschap en cultuurhistorie. Het typische polderlandschap blijft bestaan maar de afschaffing van (akker)perceelsgrenzen zou een meer uniform landschap tot stand brengen. Deze vaststelling geldt eveneens voor variante 1d en variante 1e(Figuur 3-37). In Varianten 1b en 1c wordt het landschap in beperkte mate gewijzigd zoals aangeduid in Figuur 3-39.

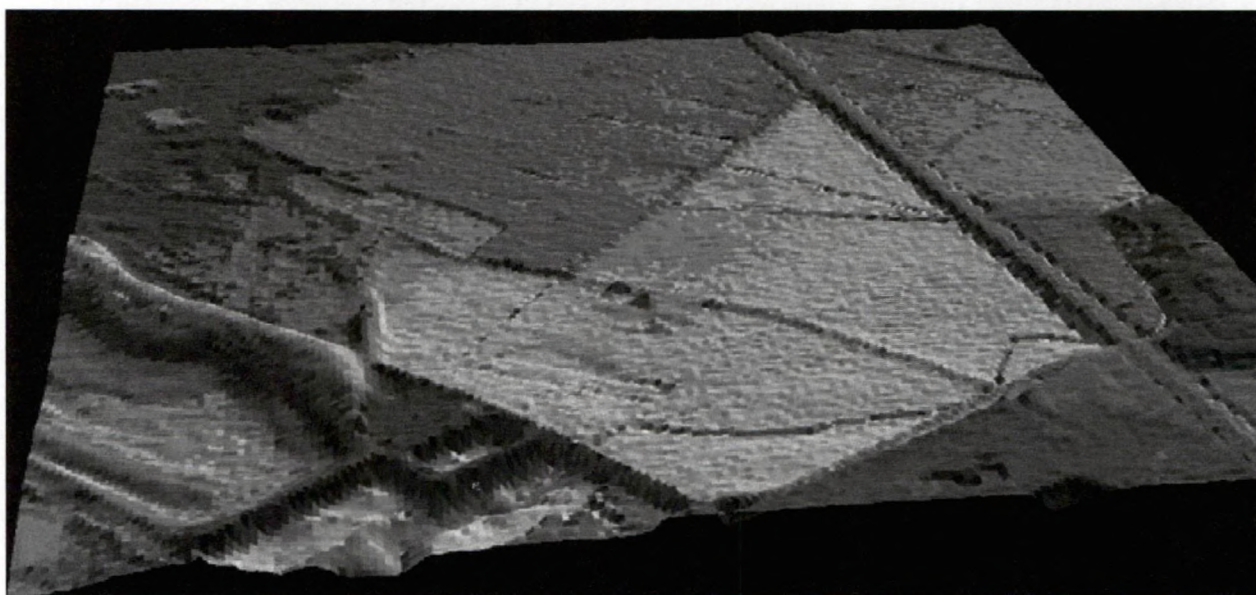


Figuur 3-37: 3-D zicht van Hemmepolder van referentiesituatie



Figuur 3-39: 3-D zicht van Hemmepolder bij uitgraven van plas (variante 1b en 1c)

Het gebied gelegen tussen de Alexisstraat en de Halvemaandijk is beschermd landschap. Dit gebied wordt door variante 1b en 1c landschappelijk gezien in beperkte mate gewijzigd. De bestaande oevers worden afgegraven. Volgens Monumenten en Landschappen zijn dergelijke natuurtechnische maatregelen aanvaardbaar, het rechtlijnige tracé dient echter worden behouden. Een geïsoleerde plaszone creëren zodat een microrelief wordt gegeneerd ter bevordering van natuurontwikkeling gaat volgens Monumenten en Landschappen voorbij aan de historische en spontane groei van het gebied. Deze ingreep heeft echter een zeer gering effect op het globale uitzicht van de Hemmepolder. De grootste impact op het landschap komt uit de variante 1f. (Figuur 3-41) Het gebied wordt over een diepte 60 cm afgegraven. Bij deze variante zal het huidige uitzicht het grondigste worden gewijzigd.



Figuur 3-41: 3-D zicht van de Hemmepolder bij variante 1f.

Volgens Monumenten en Landschappen zal desgevallend een aantal serieuze maatregelen moeten genomen worden om ongedocumenteerde vernieling van eventueel aanwezig archeologisch erfgoed te voorkomen.

3.3.1.10. *Interactie met overstort*

De sanering van de overstort (cfr §2.1.6) is wenselijk en kan in het kader van de inrichting van de Hemmepolder worden uitgevoerd. Het supprimeren van de overstort vergt echter een uitgebreide rioleringsstudie om de debieten, de lozingsfrequentie van de overstort, het buffervolume in de riolering, de afwaartse randvoorwaarden te kennen.

Volgende pistes kunnen gevolgd worden om de overstort af te schaffen.

- De afwaartse afvoercapaciteit vergroten;
de afvoercapaciteit kan vergroot worden door de diameter van de buizen te vergroten, de helling die men aan deze buizen kan geven zijn in de buurt van de Hemmepolder erg beperkt. De kostprijs hiervan stijgt exponentieel met de diameter. Deze manier van handelen verplaatst echter het probleem.
- Een bijkomende bufferruimte bouwen;
indien het niet mogelijk is de afvoer te vergroten kan een bufferruimte worden gebouwd waar het water tijdelijk kan gestockeerd worden tot dat er voldoende ruimte in het afwaartse buizenstelsel aanwezig is om geledigd te kunnen worden. Deze bufferruimte wordt meestal ondergronds voorzien om de maatschappelijk impact te minimaliseren. De kostprijs situeert zich rond 900 € per gebufferde m³ afvalwater
- Ontkoppelen van regenwater;
dit is de piste die momenteel door het Vlaamse gewest wordt bewandeld, het vergt echter een integrale aanpak van de problematiek. Het doel ervan is het 'zuiver' regenwater apart van het vuilwater afvoeren.

Er kan ook worden overwogen om de rechtstreekse impact van de overstort op het projectgebied op te heffen:

- Het lozingspunt van de overstort verplaatsen;
in plaats van in het Geleed te lozen kan geopteerd worden om de overstortleiding te verlengen en het lozingspunt te verplaatsen. Men kan overwegen een leiding te trekken tot aan de IJzer.
- Het overstortwater zuiveren;
het overgestorte rioolwater kan opgevangen worden achter het lozingspunt in een rietveld. Men moet dan een bergingskom graven die voldoende ruim zodat de verblijfstijd van het water voldoende lang is. De kostprijs van deze nazuivering wordt geraamd op 12500 euro

3.3.1.11. Natuurdoeltypes

De varianten van scenario 1 zijn doorerekend met het hydrologisch grondwatermodel en het hydraulisch oppervlaktewater model. Dankzij deze modellen is voor elke variant een natuurdoeltypekaart opgesteld. Deze kaarten zijn verzameld in Bijlage 10

In de onderstaande tabel zijn de oppervlakten weergegeven die door elk natuurdoeltype ingenomen worden. Om een sterk gediversifieerde flora te laten ontwikkelen moet de bodem worden afgegraven zodat de vegetatie rechtstreeks beïnvloed kan worden door grondwater. Het opstuwten van de beek of het plaatsen van een ondoorlaatbare wand is niet voldoende.

Tabel 3-22: verspreiding van de natuurdoeltypes in projectgebied volgens scenario 1

| | VARIANTE 1A | | VARIANTE 1B | | VARIANTE 1C | | VARIANTE 1D | | VARIANTE 1E | | VARIANTE 1F | |
|---|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| grondbezetting | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] |
| kustweg | 183 | 7% | 183 | 7% | 183 | 7% | 183 | 7% | 183 | 7% | 183 | 7% |
| plantigini- Festucion | 1264 | 46% | 1258 | 45% | 1242 | 45% | 1265 | 46% | 1263 | 45% | 1174 | 42% |
| lolio- cynosuretum (strandrug) | 0 | 0% | 1 | 0% | 6 | 0% | 0 | 0% | 1 | 0% | 7 | 0% |
| lolio- cynosuretum (schorgrond) | 1217 | 44% | 1044 | 38% | 661 | 24% | 1286 | 46% | 1281 | 46% | 788 | 28% |
| lolio- cynosuretum (vochtige schorgrond) | 62 | 2% | 63 | 2% | 145 | 5% | 21 | 1% | 26 | 1% | 125 | 5% |
| lolio- potentillion phragmiton | 36 | 1% | 141 | 5% | 286 | 10% | 14 | 1% | 16 | 1% | 458 | 16% |
| | 14 | 1% | 87 | 3% | 254 | 9% | 8 | 0% | 7 | 0% | 42 | 2% |
| Totaal | 2777 | 100% | 2777 | 100% | 2777 | 100% | 2777 | 100% | 2777 | 100% | 2777 | 100% |

3.3.1.12. Kostprijs

We verwijzen naar de Tabel 2-9 voor een overzicht van de kosten om delen van de infrastructuur af te breken. In de volgende Tabel 3-23 zijn de geraamde kostprijs van de verschillende varianten opgelijst.

Tabel 3-23: kostprijs van verschillende varianten in scenario 1.

| AFBRAAK WERKEN | eenheid | eenheids-kost [€] | VARIANTE 1 A | | VARIANTE 1 B | | VARIANTE 1 C | | VARIANTE 1 D | | VARIANTE 1 E | | VARIANTE 1 F | |
|--|----------------|-------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|------------|--------------|-----------|
| | | | aantallen | kost [€] | aantallen | kost [€] | aantallen | kost [€] | aantallen | kost [€] | aantallen | kost [€] | aantallen | kost [€] |
| Wegenis met asfaltverharding | m ² | 5.00 | 1940 | 9 700 | 1940 | 9 700 | 1940 | 9 700 | 1940 | 9 700 | 1940 | 9 700 | 1940 | 9 700 |
| Afsluiting | lm | 3.50 | 3090 | 10 815 | 3090 | 10 815 | 3090 | 10 815 | 3090 | 10 815 | 3090 | 10 815 | 3090 | 10 815 |
| wegaanwijzers | Stuk | 40.00 | 2 | 80 | 2 | 80 | 2 | 80 | 2 | 80 | 2 | 80 | 2 | 80 |
| palen openbare verlichting | Stuk | 150.00 | 8 | 1 200 | 8 | 1 200 | 8 | 1 200 | 8 | 1 200 | 8 | 1 200 | 8 | 1 200 |
| afbraak gebouw zonder gewapende massieven | m ² | 7500.00 | 3 | 22 500 | 3 | 22 500 | 3 | 22 500 | 3 | 22 500 | 3 | 22 500 | 3 | 22 500 |
| INRICHTING POLDER | | | | | | | | | | | | | | |
| afgraven poldergrond + afvoer | m ³ | 12.00 | 0 | 0 | 20000 | 240 000 | 20000 | 240 000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120000 | 1 440 000 |
| bouw van stuw 3.70 mTAW) | stuk | 4000.00 | 1 | 4 000 | 0 | 0 | 1 | 4 000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 000 |
| bouw van regelinfrastructuur aan kustweg | stuk | 87500.00 | 1 | 87 500 | 0 | 0 | 1 | 87 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (pompstation 2+1) | | | | | | | | | | | | | | |
| omlegging van nutsleidingen | ff | 125000.00 | 1 | 125 000 | 1 | 125 000 | 1 | 125 000 | 1 | 125 000 | 1 | 125 000 | 1 | 125 000 |
| nazuivering overstort | ff | 12500.00 | 1 | 12 500 | 1 | 12 500 | 1 | 12 500 | 1 | 12 500 | 1 | 12 500 | 1 | 12 500 |
| plaatsen damwand | m ² | 80.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6000 | 480 000 | 144000 | 11 520 000 | 0 | 0 |
| buis diameter 1000 met terugslagklep + bescherming | stuk | 5000.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAAL | | | | 273 295 | | 421 795 | | 513 295 | | 661 795 | | 11 701 795 | | 1 625 795 |

De kostprijs voor de ontmanteling van het landbouwbedrijf gelegen langs de Alexisweg in het projectgebied is geen element die de varianten van elkaar onderscheidt. Bij elke variante kunnen de gebouwen namelijk blijven staan.

3.3.2. Scenario 2: “natte zilte graslanden”, ontwikkeling van poldergraslanden met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie/aanvoer van zout water uit de Kreek van Lombardsijde

3.3.2.1. Variante 2a: inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4.45mTAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 4.00 mTAW ligt onder water komt.

3.3.2.1.1 Beschrijving

Er wordt zout water in de polder toegelaten door de Halvemaandijk ter hoogte van het Piete Sas lokaal te verlagen tot 4.45 mTAW. De breedte van deze inlaat bepaalt het volume dat toegelaten wordt. Tijdens de studie is dankzij het principe van ‘trial and error’ is gebleken dat een drempel van 2.5 meter breed het water gemiddeld tot 4 mTAW in de Hemmepolder doet stijgen. De afmetingen van de sluis om de polder te ontwateren variëren niet. De topografie wordt gewijzigd op dezelfde wijze als in variante 1b of 1c. De afwaartse en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in de referentiesituatie. Deze variante is zowel hydraulisch als hydrologisch doorgerekend.

3.3.2.1.2 Oppervlaktewater

Om tot een zilt grasland te komen, wordt gestreefd naar de instroming van zeewater vanaf het gemiddelde hoogwaterpeil op de IJzer (4.45 mTAW) Bij vulling wordt het zoute water elk getij terug afgevoerd. Het streefdoel is om de Hemmepolder te laten vullen tot de 4 mTAW hoogtelijn.

In de onderstaande tabel worden de voornaamste resultaten samengevat.

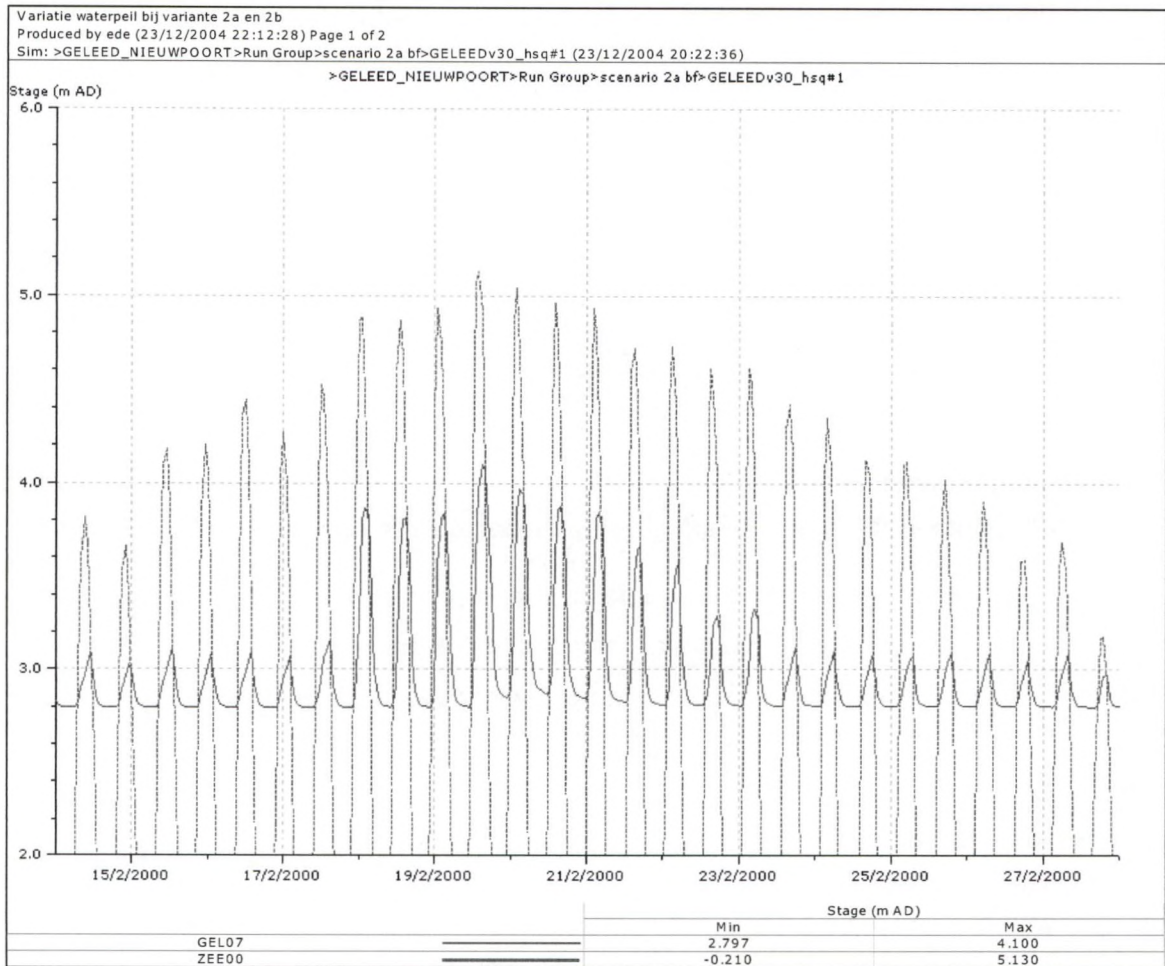
Tabel 3-24: Situatie bij variante 2a bij de hydrodynamische simulatie.

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 2.04 | 4.32 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.90 | 4.10 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.31 | 4.11 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 56959 | 4.32 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

Uit de modellering van deze variante blijkt dat het water ter hoogte van Lombardsijde maximaal met 33 cm stijgt tot 4.11 mTAW. (Tabel 3-24)) Door de ligging van de drempel kan enkel bij springtij zilt water over de dijk stromen. De zones die lager liggen dan 3.83 mTAW komen gemiddeld bij elk springtij hoger dan 4.45 mTAW onder water, dit is 11 keer per tij cyclus, of 322 keer per jaar.. Bij stormtij kan het water veel hoger stijgen, dit wordt besproken in §3.3.3.

In Figuur 3-43 wordt het verloop van het waterpeil in de IJzer en de Hemmepolder getoond. Zolang het peil in de IJzer onder 4.45 mTAW blijft, stijgt het waterpeil in de Hemmepolder niet hoger dan 3.00mTAW, de stijging van het water wordt dan veroorzaakt door de aanvoer van zoetwater uit het

binnenland. Als het niveau van de IJzer hoger komt dan 4.45 mTAW dan wordt zeewater tot de Hemmepolder toegelaten. Het water stijgt er natuurlijk veel minder hoog.



Figuur 3-43:verloop van waterpeil in IJzer en Hemmepolderbij variante 2a

De regelstructuur aan de Halvemaandijk kan zich beperken tot een terugslagklep waarvan de bedrijfszekerheid moet worden gegarandeerd. De klep moet bij laagwater onfeilbaar open kunnen gaan zodat de polder vlot kan ontwateren. Een manuele regeling van het Piete Sas is eveneens voldoende om het systeem te laten functioneren. De overstromingskaart is bijgevoegd in Bijlage 9 als Illustratie 20.

3.3.2.1.3 Grondwater

In Tabel 3-25 worden enkel statistische waarden voorgesteld die toelaten om een globaal beeld te krijgen van het grondwater

Tabel 3-25: situatie grondwater in projectgebied – variante 2a

| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|----------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 2a (zomer) | meter boven maaiveld | -4.97 | 0.28 | -1.52 | 0.55 |
| | mTAW | 2.55 | 3.19 | 2.94 | 0.13 |
| Variante 2a (winter) | meter boven maaiveld | -4.86 | 0.54 | -1.19 | 0.51 |
| | mTAW | 2.62 | 3.62 | 3.27 | 0.17 |

Door de quasi permanente infiltratie van brakwater uit de 'plas' stijgt het grondwater gemiddeld met 12 à 13 cm vergeleken met de referentietoestand. Deze infiltratie is niet voldoende om een algemene vernatting van het gebied te garanderen. Bij deze variante komt 3.8 ha rechtstreeks onder de invloed van grondwater. In Figuur 3-45 zijn deze gebieden afgebakend.



Figuur 3-45: (grond)waterafhankelijke vegetatie in variante 2a

In Illustratie 13 (zomer) en Illustratie 14 (winter) in Bijlage 8 zijn de grondwatermodelresultaten afgebeeld. Ze tonen de maximale stijging tegenover de referentiesituatie. De infiltratie wordt vooral bepaald door de 'plas' waar een sterk stijging van het grondwater optreedt.

3.3.2.2. Variante 2b: inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4.45mTAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 3.50 mTAW ligt onder water is.

3.3.2.2.1 Beschrijving

Deze variante is dezelfde als variante 2a maar om het effect van hoge waterstanden voor Lombardsijde te milderen wordt het terrein dat in variante 2a met meer dan 20 cm onder water staat afgegraven tot 3.50mTAW. Door het terrein af te graven komt bovendien meer gebied rechtstreeks onder de invloed van het grondwater.

Deze variante is alleen hydraulisch doorgerekend en verder zijn de grondwatermodelresultaten gebruikt van variante 2a. De afwaartse en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in de referentiesituatie.

3.3.2.2.2 Oppervlaktewater

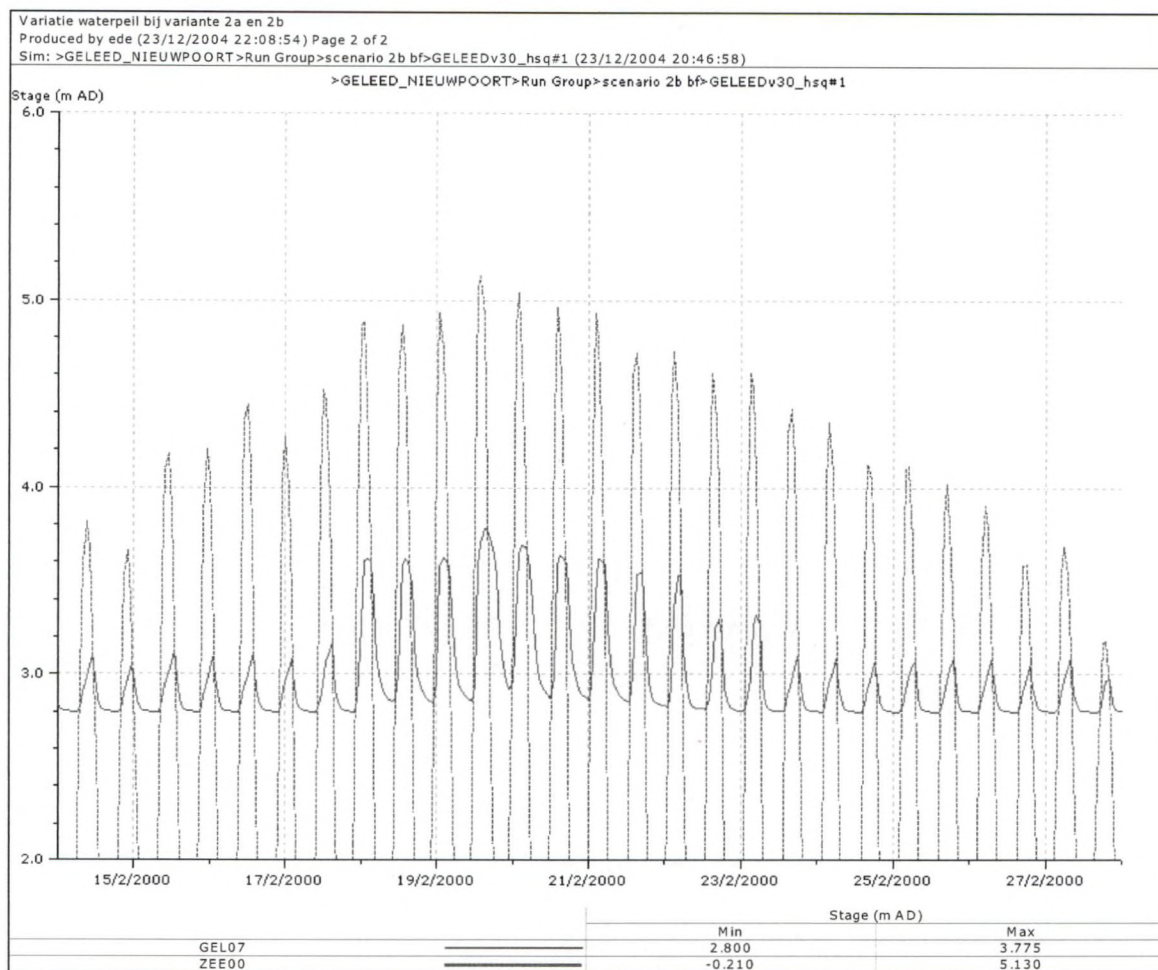
In de onderstaande tabel worden de voornaamste resultaten samengevat.

Tabel 3-26: situatie bij variante 2b bij de hydrodynamische simulatie.

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 1.11 | 3.97 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.40 | 3.93 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.31 | 3.93 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
| Maximale waarde in de Polder | 54720 | 3.97 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

Door het afgraven van het terrein stijgt het water minder hoog dan in variante 2a. De impact ter hoogte van Lombardsijde is minder zwaar dan in de vorige variante. Het water stijgt met 10 cm in vergelijking met de referentiesituatie.

In Figuur 3-47 wordt de evolutie weergegeven van de waterpeilen in de IJzermonding en de Hemmepolder. Vergeleken met variante 2a stijgt het water voor dezelfde periode heel hoog.



Figuur 3-47: verloop van waterpeil in IJzermonding en Hemmepolder (variante 2b)

Het betekent echter nog steeds een verslechtering van de situatie ter hoogte van Lombardsijde in vergelijking met de referentiesituatie en dus moeten milderende maatregelen getroffen worden om de veiligheid voor overstromingen in Lombardsijde te garanderen. Bij stormtij is risico voor Lombardsijde nog groter. Dit aspect wordt behandeld in §3.3.4.

3.3.2.2.3 Grondwater

Voor deze variante zijn de grondwatermodelresultaten gebruikt van variante 2a. De absolute waarden veranderen natuurlijk niet maar door de afgraving komt het water dichterbij het maaiveld. Uit Tabel 3-27 blijkt dat in de winter het water relatief met gemiddeld 20 cm stijgt vergeleken met variante 2a. Door deze relatieve stijging wordt 5.53 ha vegetatie beïnvloed door het grondwater. In Figuur 3-49 is het grondwaterafhankelijk gebied afgelijnd volgens de methodologie beschreven in referentiesituatie.

Tabel 3-27: situatie grondwater in projectgebied – variante 2b

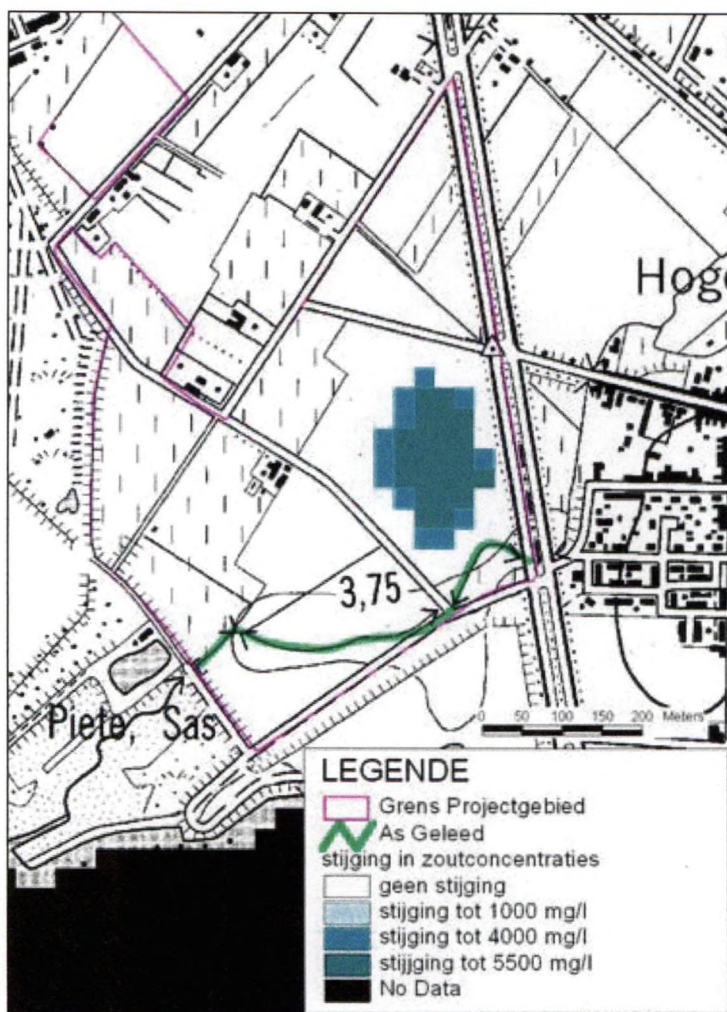
| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|----------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 2b (zomer) | meter boven maaiveld | 2.56 | 3.70 | 3.32 | 0.24 |
| | mTAW | 2.50 | 3.40 | 3.09 | 0.25 |
| Variante 2b (winter) | meter boven maaiveld | -4.97 | 1.12 | -0.98 | 0.67 |
| | mTAW | -5.06 | 1.04 | -1.20 | 0.75 |



Figuur 3-49: (grond)waterafhankelijke vegetatie in variante 2b

3.3.3. Verzilting

Het uitgraven van een poel waar 11 maal per tijdcyclus zout water wordt toegelaten is gemodelleerd als een poel waar permanent zout water infiltreert.. In de volgende Figuur 3-51 is de zoutintrusie in het Holoceen voorgesteld na 10 jaar Na 10 jaar is een kern aanwezig van brak water onder uitgegraven waterplas. Deze kern zal niet in omvang toenemen in de loop van de tijd omdat de de intense aanvoer van zoet water het zout water verdunt. Het infiltrerende zout water vormt dan ook geen bedreiging voor het grondwater buiten het projectgebied en evenmin voor de aanwezige private grondwaterwinningen.



Figuur 3-51: Stijging van de zoutconcentratie in het grondwater in scenario 2.

3.3.4. Zeewering

De aanpassing van de zeewerende Halvemaandijk door een opening te voorzien waarbij springtij het water de Hemmepolder kan binnen stromen betekent dat de kans op falen verhoogt. Volgens de thans geldende norm mag een zeewerende dijk bij een storm met een terugkeerperiode van 1/1000 een overslagdebiet toelaten van 1 l/s.m. Er mogen ook geen mensenlevens in gevaar komen. Volgens scenario 2 mag niet meer dan 2.5 l/s toegelaten worden bij de maximale waterstand gezien de breedte van de overlaat 2.5 m bedraagt. In het kader van Comrisk (IMDC, 2004) is een tijcurve gegenereerd die eens om de 1000 jaar kan voorkomen. Het maximum peil van een dergelijke storm in Nieuwpoort is 7.20 mTAW. Deze storm is hydrodynamisch

doorgerekend voor scenario 2, het maximumdebiet over de drempel bedraagt $19.2 \text{ m}^3/\text{s}$. dit is bijna 10 000 keer meer dan toegelaten. Het water in de polder stijgt tot 5.1 mTAW. De overstromingskaart is afgebeeld in Illustratie 24 in Bijlage 9. Het is duidelijk dat bijkomende maatregelen moeten getroffen worden om het achterland en vooral de gebouwen gelegen langs de Schorrestraat te beschermen.

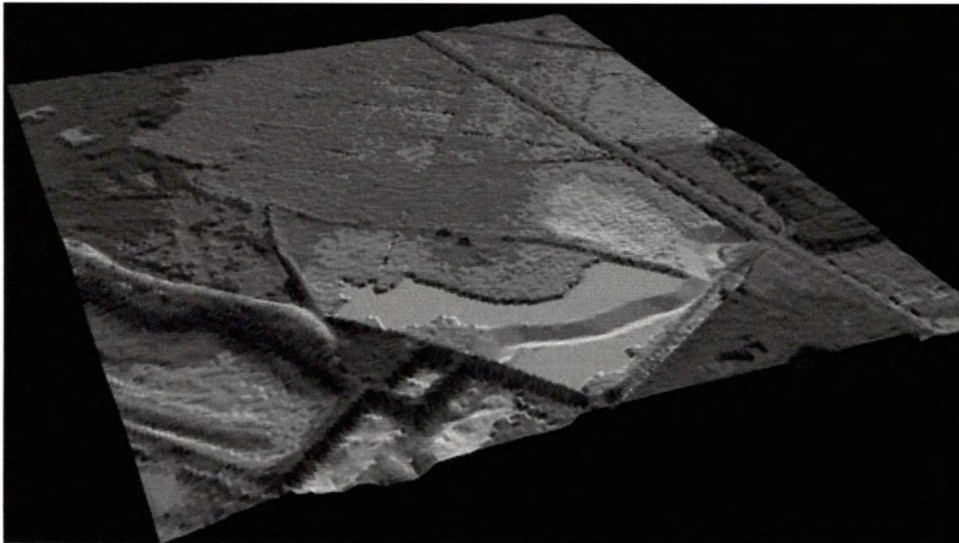
In dit scenario zal het derhalve noodzakelijk zijn om de instroming van het zeewater naar de Hemmepolder te stoppen in geval van storm.

Hiervoor bestaan diverse oplossingen:

- Manueel/mechanisch: door het neerlaten van schotbalken in de doorstroomopening;
- Mechanisch: door het sluiten van een terugslagklep of het neerlaten van een spindelschuif;
- Elektrisch: door dezelfde installatie als de mechanische oplossing, maar mits automatische bediening of bediening op afstand.

3.3.5. Landschap en cultuurhistorie

De impact van variante 2a op het landschap werd reeds besproken in § 3.3.1.9. Het impact van het uitgraven van een plas heeft een zeer kleine impact op het landschap. In variante 2b wordt de zone gelegen onder 4 mTAW eveneens afgegraven tot 3.50 mTAW. (Figuur 3-53) Het grootste gedeelte van de afgraving ligt in het beschermde landschap tussen de Alexisstraat en de Halvemaandijk.



Figuur 3-53: 3-D zicht van Hemmepolder bij variante 2b

3.3.6. Conclusie

De inlaat van zout water uit de IJzer heeft tot gevolg dat het waterpeil ter hoogte van Lombardsijde stijgt. Wanneer het maximumpeil van de IJzer 5.50 mTAW niet overstijgt bestaat er geen gevaar voor de omwonende. Een regelstructuur aan de kustweg moet gebouwd worden om het opwaartse deel te beschermen tegen terugstromend water uit de zee. Wanneer zoals beschreven in de variante 2b een deel van het gebied wordt afgegraven tot 3.50 mTAW verkleint het risico voor Lombardsijde. Wanneer een stormtij met een terugkeerperiode van 1000 jaar optreedt worden de gebouwen gelegen langs de Schorrestraat bedreigd. De zeeuerende karakteristieken

van de Halvemaandijk voldoen niet meer en eigendom buiten het projectgebied dreigt te overstromen.

Een ringdijk kan worden aangelegd die minder zwaar is dan die beschreven in Figuur 2-81. Het waterpeil in de polder stijgt niet hoger dan 5.1 mTAW.

Een alternatief is de opening afsluitbaar maken door middel van schotbalken. In dit geval kan bij stormtij of zeer zwaar pektij de drempel verhoogd worden of zelfs afgesloten worden.

In scenario 2 zoals in scenario 1 kan de ontsnippering van het gebied bevorderd worden door een deel van de wegenis de ontmantelen (Wiegestraat, Alexisstraat tussen Halvemaanstraat en Schorrestraat).

3.3.7. Natuurdoeltypen

De varianten van scenario 2 zijn doorerekend met het hydrologisch grondwatermodel en het hydraulisch oppervlaktewater model. Dankzij deze modellen zijn voor elke variant een natuurdoeltypekaart opgesteld. Deze kaarten zijn verzameld in Bijlage 10

In de onderstaande tabel zijn de oppervlakten weergegeven die door elk natuurdoeltype ingenomen worden. Zoals in scenario 1, om een sterk gediversifieerde flora te laten ontwikkelen moet de bodem worden afgegraven zodat de vegetatie rechtstreeks beïnvloed kan worden door grondwater.

Tabel 3-28: natuurdoeltype voor scenario 2

| | VARIANTE 2A | | VARIANTE 2B | |
|---|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] | oppervlakte [are] | oppervlakte [%] |
| kustweg | 183 | 7% | 183 | 7% |
| lolio-cynosuretum (schorgrond) | 629 | 23% | 537 | 19% |
| lolio-cynosuretum (strandrug) | 0 | 0% | 1 | 0% |
| lolio-cynosuretum (vochtige schorgrond) | 81 | 3% | 105 | 4% |
| lolio-potentillion | 113 | 4% | 23 | 1% |
| phragmition | 152 | 5% | 152 | 5% |
| Plantagini-Festucion | 1215 | 44% | 1198 | 43% |
| Puccinellio-Spergularion | 412 | 15% | 582 | 21% |

Door het afgraven van het terrein in variante 2b, kan meer oppervlakte overstroomd en kan er meer Puccinellio-Spergularion verwacht worden.

3.3.8. Kostprijs

De kostprijs om de varianten in dit scenario uit te voeren worden in Tabel 3-29 voorgesteld

Tabel 3-29: kostprijs inrichting scenario 2

| | | | VARIANTE 2A | | VARIANTE 2B | |
|--|---------|------------------|-------------|----------|-------------|----------|
| | eenheid | eenheidskost [€] | aantallen | kost [€] | aantallen | kost [€] |
| AFBRAAK WERKEN | | | | | | |
| Wegenis met asfaltverharding | m² | 5.00 | 1940 | 9 700 | 1940 | 9 700 |
| Afsluiting | lm | 3.50 | 3090 | 10 815 | 3090 | 10 815 |
| Wegaanwijzers | Stuk | 40.00 | 2 | 80 | 2 | 80 |
| Palen openbare verlichting | Stuk | 150.00 | 8 | 1 200 | 8 | 1 200 |
| Afbraak gebouw zonder gewapende massieven | m² | 2500.00 | 3 | 7 500 | 3 | 7 500 |
| Omlegging van nutsleidingen | ff | 125000.00 | 1 | 125 000 | 1 | 125 000 |
| INRICHTING POLDER | | | | | | |
| Afgraven poldergrond + afvoer | m³ | 12.00 | 0 | 0 | 47442 | 569 304 |
| Bouw van stuw 3.70 mTAW) | stuk | 4000.00 | 1 | 4 000 | 0 | 0 |
| Bouw van regelinfrastructuur aan kustweg (pompstation 2+1) | stuk | 87500.00 | 1 | 87 500 | 1 | 87 500 |
| Bouw van inlaatdrempel (4.45 mTAW) Halvemaandijk | stuk | 19425.00 | 1 | 19 425 | 1 | 19 425 |
| Nazuivering overstort | ff | 12500.00 | 1 | 12 500 | 1 | 12 500 |
| Plaatsen damwand | m² | 80.00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Buis diameter 1000 met terugslagklep + bescherming | stuk | 5000.00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAAL | | | | 277 720 | | 843 024 |

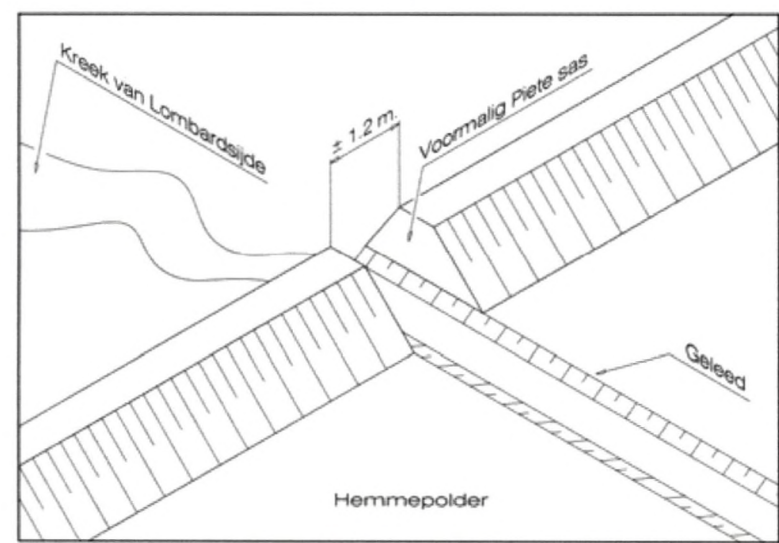
Wanneer men de zeewering autonoom wil doen werken moet men met een meerprijs rekenen rond de 15000 euro voor een mechanisch sluitingssysteem en tot 40 000 euro voor een gestuurd sluitingssysteem.

3.3.9. Scenario 3: “slik en schor”, ontpoldering door introductie van getijwerking.

3.3.9.1. Variante 3a: opening van de huidige Piete Sas op 2.65 mTAW over de volledige hoogte van de dijk. De breedte van het Piete Sas wordt behouden

3.3.9.1.1 Beschrijving

In de Halvemaandijk wordt een opening gemaakt van 1.20m breed ter hoogte van het Piete Sas tot de kruin van de dijk. De drempel blijft op 2.65 mTAW. Het overige gedeelte van de dijk wordt niet afgegraven (Figuur 3-55). Deze variante laat toe het effect van het getij te milderen zonder afbreuk te doen aan de ontwikkeling van een slik en schor systeem. De topografie van de Hemmepolder wordt niet gewijzigd vergeleken met de referentiesituatie



Figuur 3-55: Aanpassing van Halvemaandijk in variante 3a

Deze variante is hydraulisch en hydrologisch doorgerekend.

3.3.9.1.2 Oppervlaktewater

De afwaartse randvoorwaarden en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in de referentiesituatie.

3.3.9.1.2.1 Waterstand en debiet

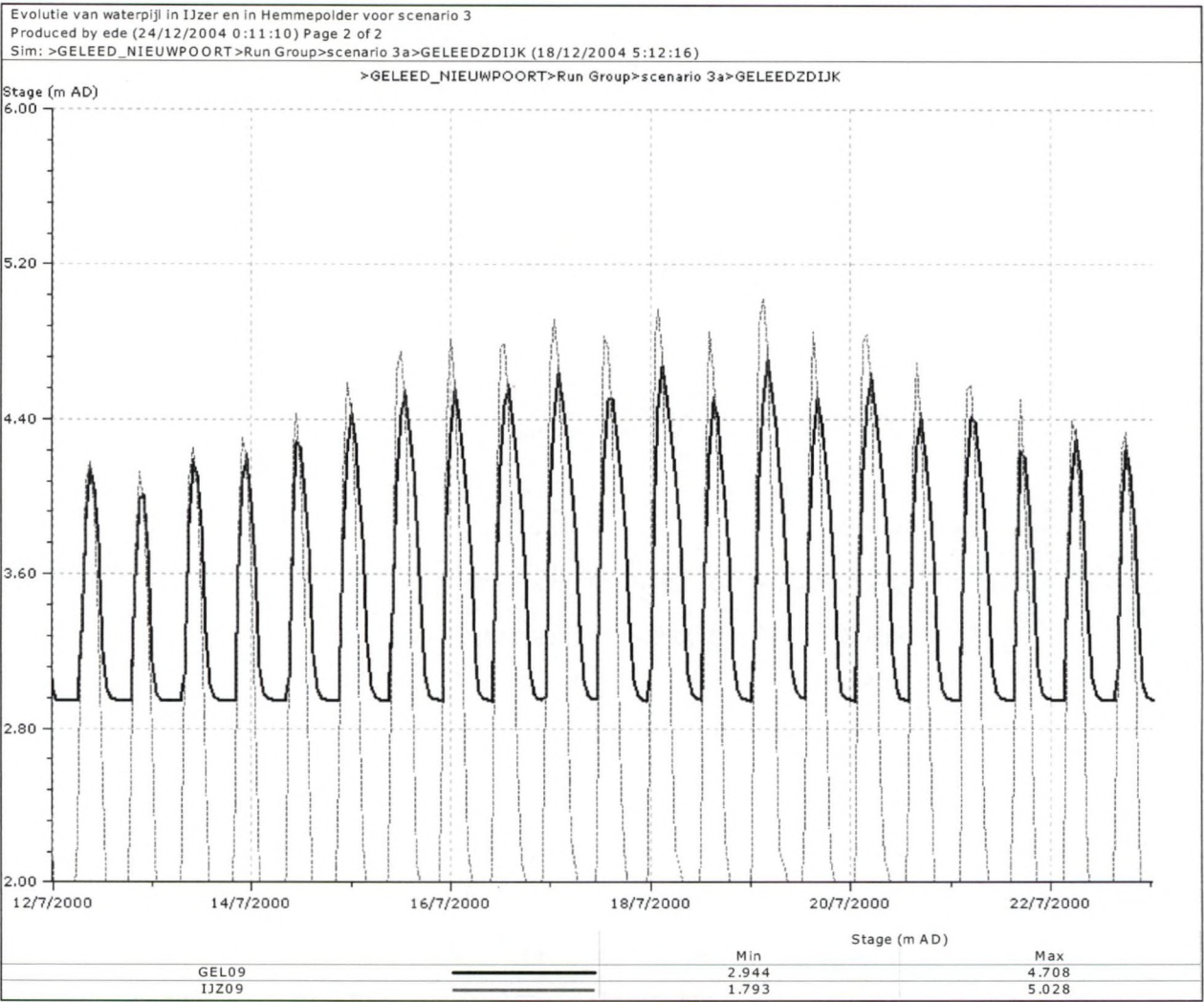
In de onderstaande tabel worden de resultaten samengevat.

Tabel 3-30: situatie in variant 3a bij hydraulische simulatie

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 3.15 | 4.96 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 0.54 | 4.95 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.02 | 4.93 |

| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |
|---|-------------|------------------|
| Maximale waarde in de Polder | 98254 | 4.96 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.51 |

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat het water bij een springtij van 5.51 mTAW stijgt tot 4.96 mTAW in de polder. In de onderstaande figuur is het verloop van de peilen in de IJzermonding en de Hemmepolder aangeduid.



Figuur 3-57: peilen in Hemmepolder en IJzermonding bij scenario 3a.

3.3.9.1.3 Grondwater

In deze variante is verondersteld dat het grondwaterpeil gemiddeld 3.6 mTAW bedraagt in een zone die gemiddeld elke dag overstroomt. Bij benadering is deze zone gelijk genomen aan een zone die lager ligt dan 4 mTAW. De minimale en maximale grondwaterstanden verschillen erg weinig met elkaar gezien er elke dag eb en vloed is.

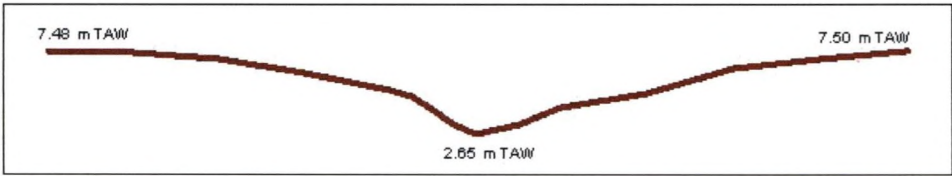
Tabel 3-31: situatie grondwater in projectgebied – variante 3a

| situatie | eenheden | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie |
|----------------------|----------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| Variante 3a (zomer) | meter boven maaiveld | 2.56 | 3.70 | 3.32 | 0.24 |
| | mTAW | 2.50 | 3.40 | 3.09 | 0.25 |
| Variante 3a (winter) | meter boven maaiveld | -4.97 | 1.12 | -0.98 | 0.67 |
| | mTAW | -5.06 | 1.04 | -1.20 | 0.75 |

3.3.9.2. **Variante 3b: verwijderen van een deel van de dijk**

3.3.9.2.1 **Beschrijving**

De zeewerende dijk wordt afgegraven zoals afgebeeld in Figuur 3-59. Ze is afgeleid van de bathymetrisch opmeting van de Kreek van lombardsijde.



Figuur 3-59: profiel dijk in variante 3b

Het tij vanuit de Kreek van Lombardsijde kan ongeremd de Polder binnen treden. Deze variante is alleen hydraulisch doorgerekend. De grondwatermodellering die besproken is in de vorige variante 3a is hier eveneens van toepassing.

3.3.9.2.2 **Oppervlaktewater**

De afwaartse en opwaartse randvoorwaarden zijn dezelfde als in variante 3a

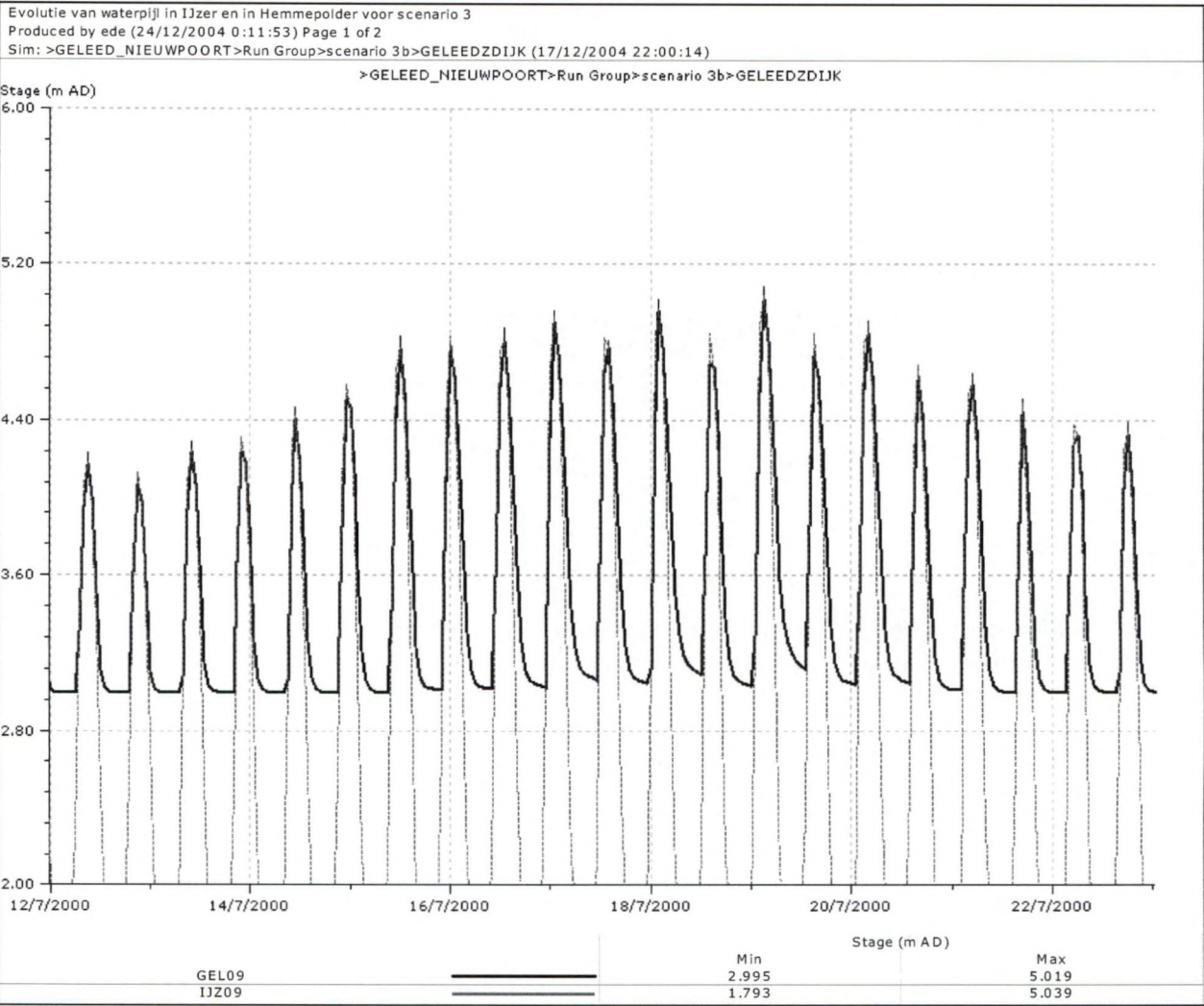
In Tabel 3-32 worden deze resultaten samengevat.

Tabel 3-32: resultaten hydraulische simulatie variante 3b

| Situatie | Debiet [m²/s] | Waterpeil [mTAW] |
|---|---------------|------------------|
| Maximale waarde in het Geleed aan het Piete Sas | 21.80 | 5.41 |
| Maximale waarde in het Geleed afwaarts van de Kustweg | 1.93 | 5.32 |
| Maximale waarde ter hoogte van Lombardsijde | 0.25 | 5.31 |
| Situatie | Volume [m³] | Waterpeil [mTAW] |

| | | |
|---|--------|------|
| Maximale waarde in de Polder | 212640 | 5.41 |
| Maximale waarde in Kreek van Lombardsijde | - | 5.50 |

Gezien de bestaande zeewerende dijk is weggegraven moet die vervangen worden. Door een volwaardige langere nieuwe zeewerende dijk. Zoals Figuur 3-61 aangeeft bestaat nauwelijks een verschil tussen de waterpeilen in de IJzermonding en de Hemmepolder.



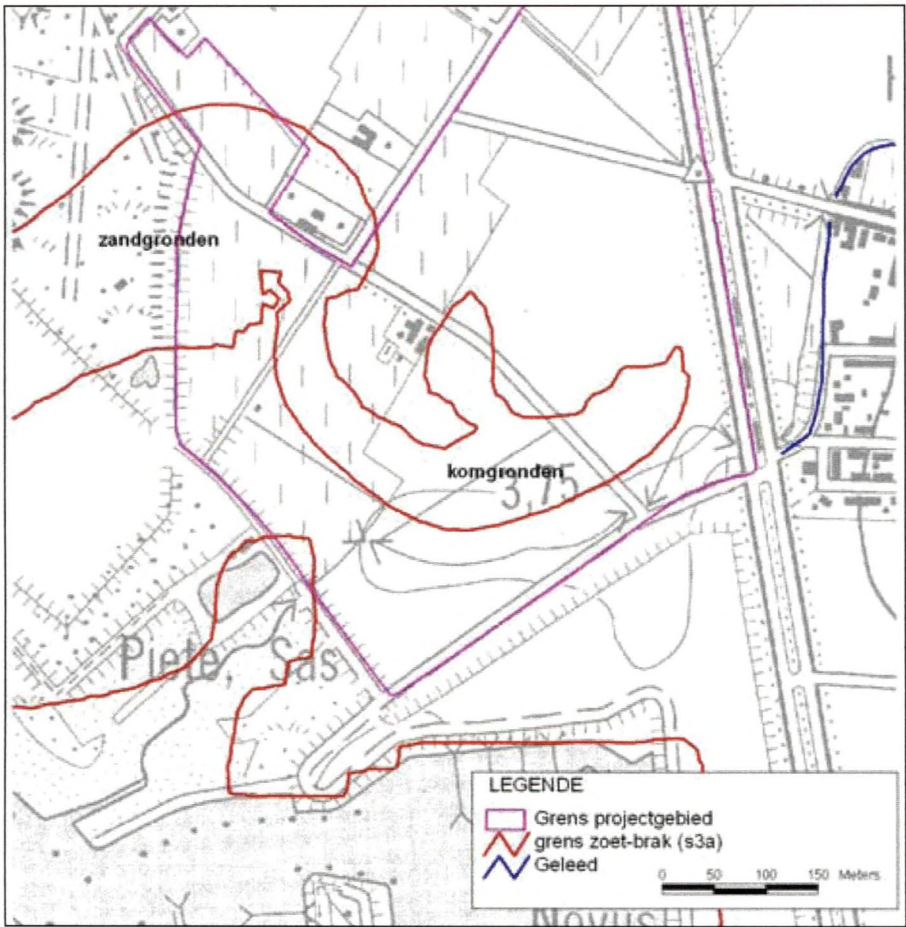
Figuur 3-61: verloop waterpeil in IJzermonding en Hemmepolder in variante 3b

3.3.10. Zeewering

Door het (deels) weggraven van de Halvemaandijk gedraagt het systeem zich als een volwaardig slik en schor systeem. Een nieuwe zeewering moet worden gebouwd rondom de Hemmepolder zoals voorgesteld in Figuur 2-89. De afmetingen van deze dijk werden reeds beschreven in § 2.4.6.5. Aan de kustweg moet een uitwateringsconstructie worden voorzien die toelaat het peil van het Geleed te beheersen ter hoogte van Lombardsijde opwaarts van de Hemmepolder.

3.3.11. **Verzilt**

Het weggraven van de zeewerende halvemaaandijk impliceert dat de Hemmepolder elke dag twee maal (gedeeltelijk) wordt overspoeld. In de volgende Figuur 3-63 is de zoutintrusie in het Holocene voorgesteld na 10 jaar. In de figuur is enkel de overgang van zoet naar brak voorgesteld (~5000 mg/l) Na 10 jaar is een kern aanwezig van brak water onder de zone die dagelijks wordt overspoeld door het getij. Deze kern zal traag in omvang toenemen in de loop van de tijd omdat de kleiige komgronden slecht doorlatend zijn; echter in de loop van honderden jaren zal al het grondwater compleet zout zijn. In het noordwesten is een pluim aanwezig die afbuigt naar het westen. Dit is zeewater dat infiltreert in de zone die bestaat uit zandgrond; daar is de infiltratie veel groter en gaat de verzilt veel sneller.

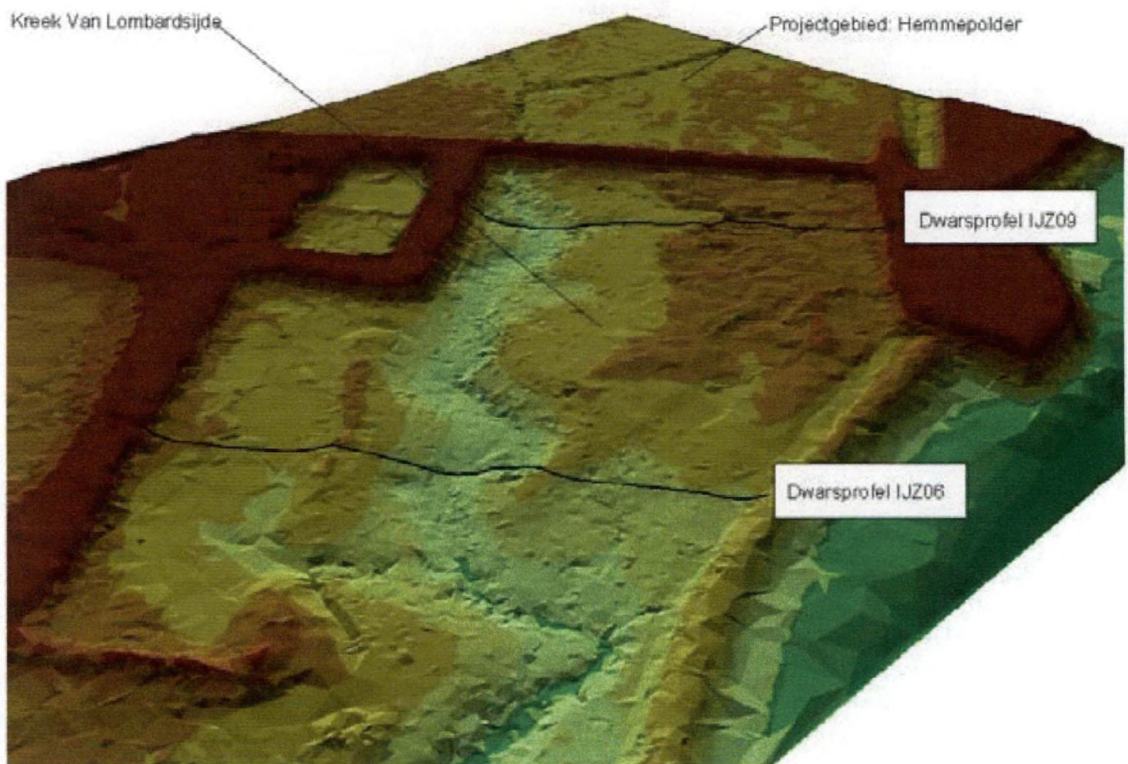


Figuur 3-63: zoutintrusie in grondwater bij scenario 3

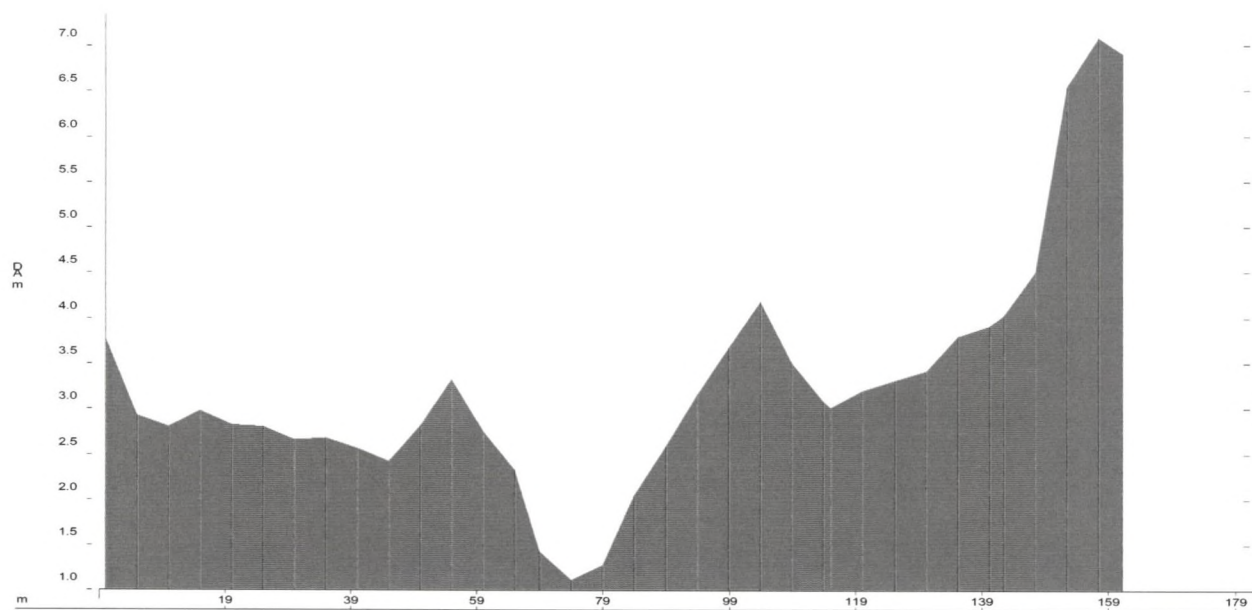
3.3.12. Kreek van Lombardsijde

De snelheid van het water is de belangrijkste factor die morfologische veranderingen in de Kreek van Lombardsijde op gang kunnen brengen. Wanneer de snelheid van het water stijgt verhoogt de kracht om uitschuringen te weeg te brengen wanneer de snelheid daalt zal sedimentatie optreden. De drempelwaarde tussen uitschuring en sedimentatie hangt sterk af van het type sediment dat aanwezig is. Het instrumentarium dat is ontwikkeld laat niet toe de morfologische processen na te bootsen. Niettemin zal een analyse worden uitgevoerd op de snelheden die optreden om de veranderingen die optreden bij uitvoering van scenario 3 in te schatten.

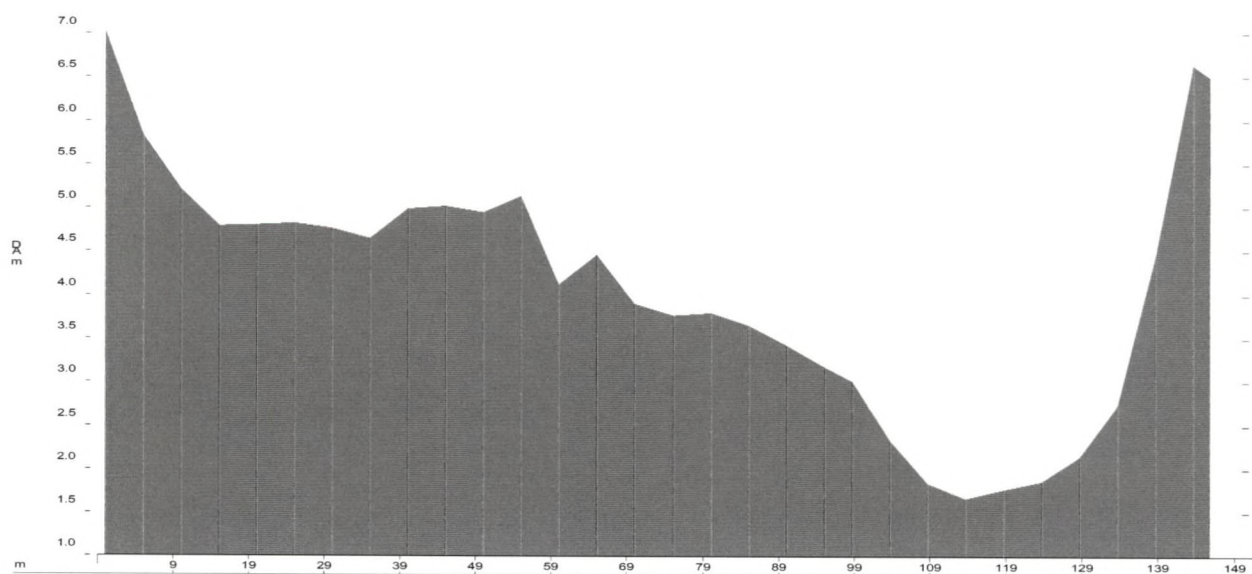
Om het effect op de Kreek van Lombardsijde te simuleren is de snelheid van het water in twee dwarssecties (dwarsprofiel IJZ06 en dwarsprofiel IJZ09) in 3 scenario's vergeleken namelijk de referentietoestand, variante 3a en variante 3b. De ligging van de dwarsecties waarvan de snelheden worden gerapporteerd zijn aangeduid in Figuur 3-65. Het verloop van de dwarsprofielen is aangeduid in Figuur 3-67 (dwarsprofiel IJZ06) en Figuur 3-69 (dwarsprofiel IJZ09).



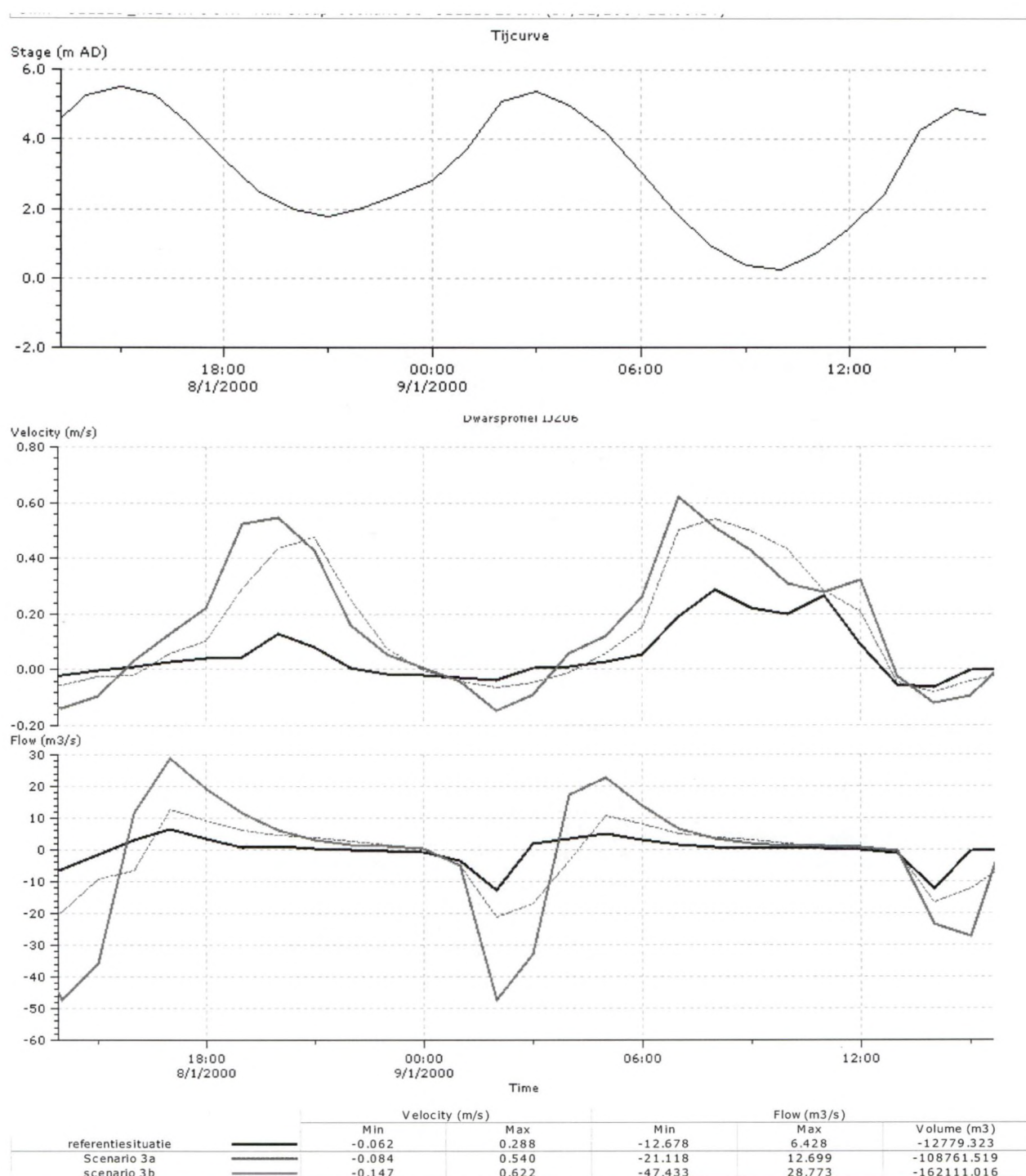
Figuur 3-65: morfologie van de Kreek van Lombardsijde en aanduiding van gemodelleerde dwarsecties.



Figuur 3-67: Dwarsprofiel IJZ06



Figuur 3-69: Dwarsprofiel IJZ09

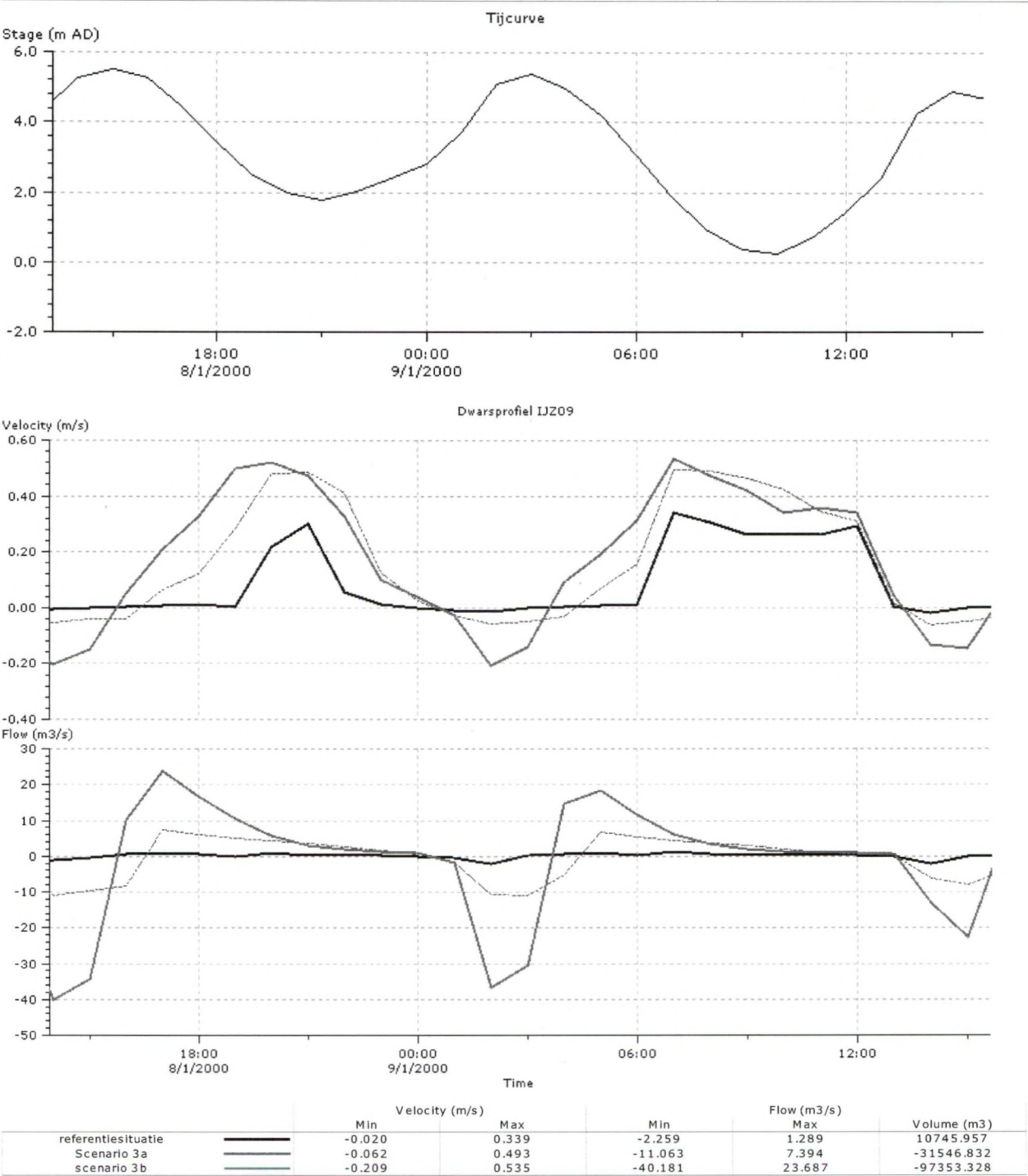


Figuur 3-71: vergelijking van snelheden in dwarsprofiel IJZ06 Kreek van Lombardsijde in referentiesituatie variante 3a en variante 3b.

Het (partieel) afgraven van de Halvemaandijk heeft als effect dat het water dieper het binnenland zal instromen en dat het water niet tot stilstand komt aan de Halvemaandijk. In Figuur 3-71 en in Figuur 3-73 zijn de berekende snelheden en debieten weergegeven voor een successie van hoogtij naar laagtij. Negatieve snelheden duiden op de stroming van water in de richting van de Hemmepolder. Het water stroomt van de zee naar het binnenland (vloed), positieve waarden voor

snelheid en debiet betekenen dat een uitstroom van water optreedt, het water stroomt van het binnenland naar de zee (eb). Uit deze figuren blijkt dat het totaal afgraven van de dijk (variante 3b) of een opening creëren met een breedte van van 1m20 (variante 3a) weinig veranderingen van de maximum en minimum snelheden veroorzaakt, het verschil bedraagt minder dan 0.1 m/s. De verschillen tussen de varianten van scenario 3 en de referentiesituatie in dwarsprofielen IJZ06 en IJZ09 zijn veel groter, er treedt een verdubbeling van de maximale snelheden op. In variante 3b is de maximale snelheid 0.622m/s (IJZ06) en 0.535 m/s (IJZ09). In de referentietoestand stijgt de snelheid niet boven 0.3 m/s.

De verschillen in debiet tussen de referentiesituatie en scenario 3 in de Kreek van Lombardsijde worden bijna uitsluitend bepaald door het maximaal instroomdebiet in de Hemmepolder. Dit instroomdebiet is veel groter in variante 3b (28.7 m³/s), dan in variante 3a (12.7 m²/s) en dan in de referentiesituatie (6.5 m³/s)



Figuur 3-73: vergelijking van snelheden in dwarsprofiel IJZ09 Kreek van Lombardsijde in referentiesituatie variante 3a en variante 3b.

De verschillen in snelheden tussen dwarsprofiel IJZ06 en dwarsprofiel IJZ09 worden veroorzaakt door de oppervlakte van de dwarssectie en de ligging ervan. Dwarsprofiel IJZ09 ligt dichterbij de dijk dan dwarsprofiel IJZ06. In de referentiesituatie schommelt het debiet in dwarsprofiel IJZ09 rond 0m³/s. Het uitstroomdebiet en de uitstroomsnelheid wordt hier veroorzaakt door de lozing van zoetwater uit het Geleed en wordt bepaald door de diameter van de uitloopconstructie. In de

varianten van scenario 3 is dit niet meer het geval en is de fractie zoetwater van het totaal geloosde debiet verwaarloosbaar. In dwarsprofiel IJZ06 is dit effect reeds verdwenen en worden de snelheden en debiet bepaald door het getij. Bij springtij zijn de snelheden en debiet groter dan bij doodtij.

De maximale berekende snelheid in Figuur 3-71 is 0.622 m/s maar bij een springtij van 5.1 mTAW stijgt deze snelheid tot 0.735 m/s in variante 3b. In variante 3a blijft de maximum snelheid van het water onder 0.6 m/s.

Men kan aannemen dat de uitvoering van variante 3b (in mindere mate variante 3a) het bestaande evenwicht zal verplaatsen en dat ter hoogte van dwarsprofiel IJZ06 de geul dan lichtjes zou eroderen. Hierdoor zal de geul waarschijnlijk door regressieve erosie meer naar het binnenland verschuiven.

3.3.12.1. Conclusie

Wanneer de dijk wordt weggegraven wordt de Hemmepolder volwaardig slik en schor. Door regressieve erosie zal in variante 3b, de geul van de Kreek van Lombardsijde vermoedelijk (in beperkte mate) naar het binnenland verschuiven.

3.3.13. Waterbeheersing

Het oprichten van een zeewerende dijk heeft een grote impact op de afstroming van het water. Het achterland wordt beschermd tegen de intrusie van zeewater maar het zoetwater kan niet meer naar zee stromen.

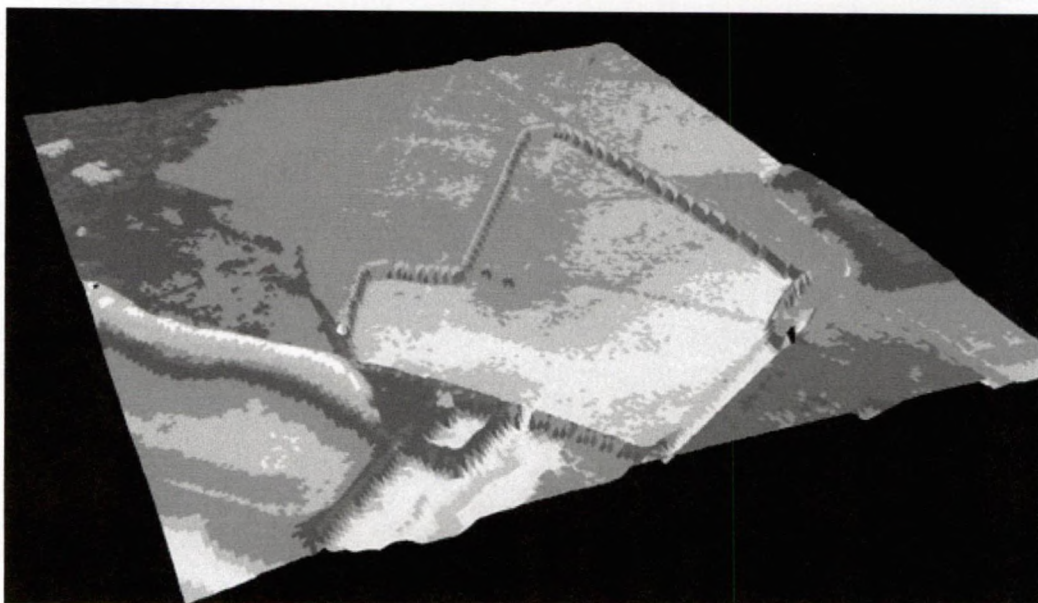
Op het geleed moet ter hoogte van de kustweg een uitwateringsconstructie worden voorzien die het waterpeil in het Geleed ter hoogte van Lombardsijde dorp regelt. Deze uitwateringsconstructie kan bestaan uit een pompgemaal die onafhankelijk van het getij het opwaartse gebied kan ontwateren of kan worden gevormd door een manueel bediende uitwateringsconstructie zoals het Piete Sas. (

Figuur 2-83)

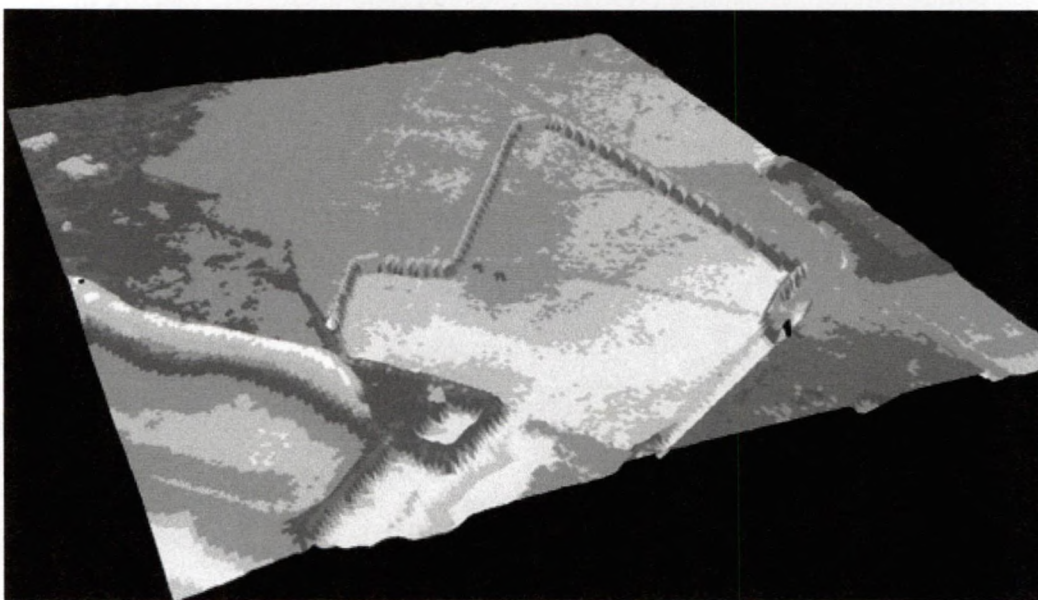
Het gebied dat ten westen van het projectgebied gelegen is watert af via een diepe gracht die door het projectgebied nabij de Schoolstraat in het Geleed uitmondt.. Door de bouw van een zeewerende dijk wordt deze afvoer afgesloten. Deze gracht kan echter worden vervangen door een buis die onder het projectgebied loopt, voldoende diep gelegen om de natuurlijke processen van slikke en schorre vorming niet te beïnvloeden.

3.3.14. Landschap en cultuurhistorie

Scenario 3 heeft het grootste impact op het bestaande polderlandschap en is volgens Monumenten en Landschappen te betreuren, aangezien hiermee wordt voorbijgegaan aan een historisch gegeven. De landschappelijke belevenis van dergelijk landschap kan echter als hoog worden ingeschat. Landschappen die door eb en vloed worden beïnvloed zijn zeldzaam. In Figuur 3-75 en Figuur 3-77 is de topografie van het project afgebeeld ten gevolge van dit scenario 3.



Figuur 3-75: 3-D zicht van Hemmepolder bij variante 3a



Figuur 3-77 :3-D zicht van Hemmepolder bij variante 3b

3.3.15. **Kostprijs**

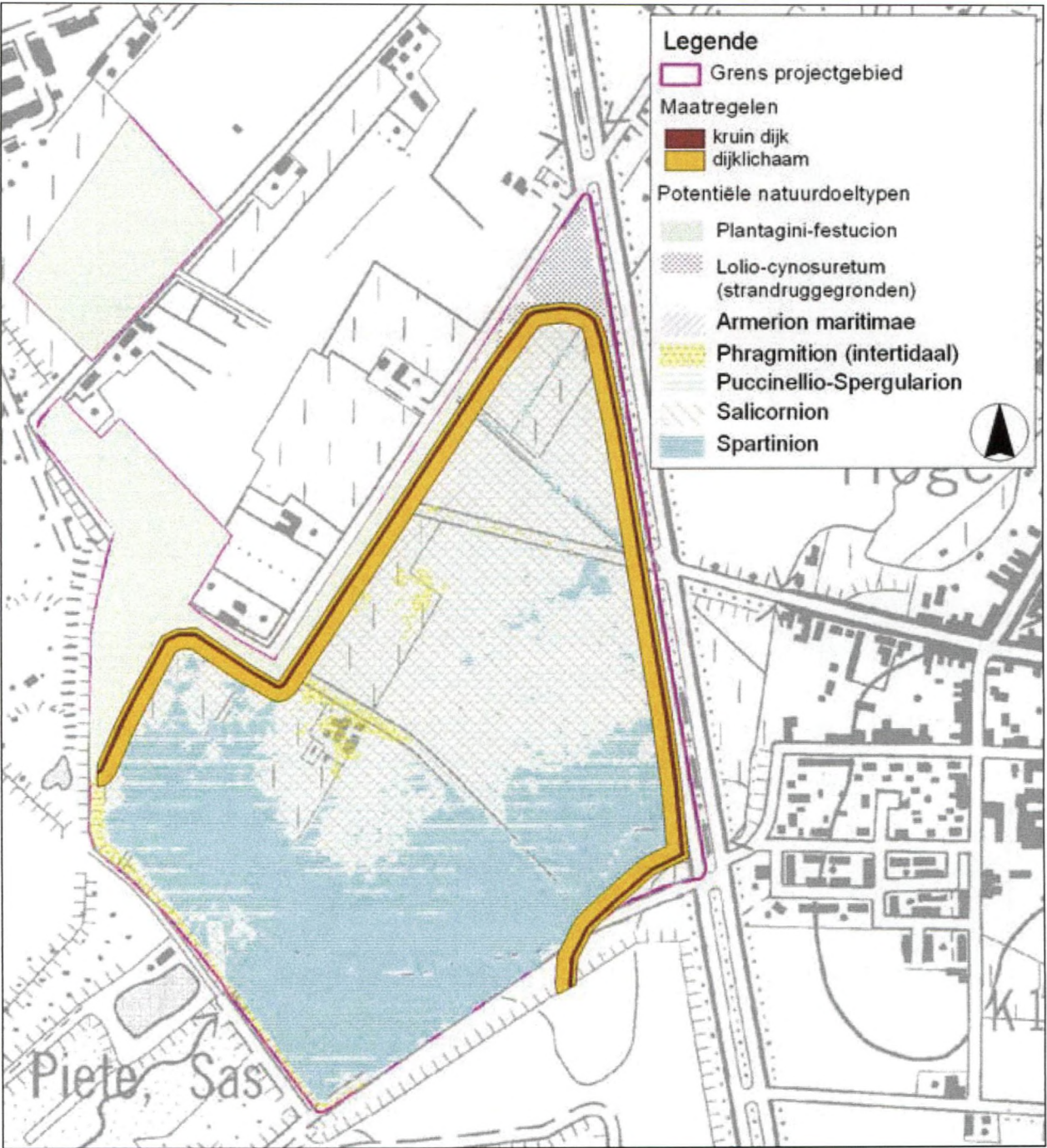
De kostprijs om de varianten in dit scenario uit te voeren worden in Tabel 3-33 samengevat.

Tabel 3-33: *Kostprijs van verschillende varianten in scenario 3*

| | eenheid | VARIANTE 3A | | VARIANTE 3B | |
|-------------------|--|-------------|----------|-------------|-----------|
| | | aantallen | kost [€] | aantallen | kost [€] |
| AFBRAAK WERKEN | Wegenis met asfaltverharding | 1940 | 9 700 | 1940 | 9 700 |
| | Afsluiting | 3090 | 10 815 | 3090 | 10 815 |
| | wegaanwijzers | 2 | 80 | 2 | 80 |
| | palen openbare verlichting | 8 | 1 200 | 8 | 1 200 |
| | afbraak gebouw zonder gewapende massieven | 3 | 22 500 | 3 | 22 500 |
| | omlegging van nutsleidingen | 1 | 125 000 | 1 | 125 000 |
| | uitbreken riool afkomstig van militaire basis incl. putten | 404 | 8 080 | 404 | 8 080 |
| | aanleg nieuwe riool | 510 | 63 750 | 510 | 63 750 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| INRICHTING POLDER | afgraven dijk + hergebruik | 0 | 0 | 5040 | 10 080 |
| | afgraven dijk + afvoer | 60 | 720 | 0 | 0 |
| | oprichten zeewerende dijk (kruinpeil 8.50mTAW) | 0 | 0 | 2100 | 1 260 000 |
| | oprichten zeewerende dijk (kruinpeil 6.00mTAW) | 210 | 63 000 | 0 | 0 |
| | opening in dijk | 1 | 30 000 | 0 | 0 |
| | zeewerende geautomatiseerde stuw | 1 | 65 000 | 0 | 0 |
| | bouw van regelinfrastructuur aan kustweg (pompstation 2+1) | 1 | 87 500 | 1 | 87 500 |
| | bouw van inlaatdempel (4.45 mTAW) Halvemaandijk | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | nazuivering overstort | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | plaatsen tijdelijke damwand | 251 | 8 785 | 0 | 0 |
| | buis diameter 1000 met terugslagklep + bescherming | 0 | 0 | 10 | 2 750 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| TOTAAL | | | 496 130 | | 1 601 455 |

3.3.16. **Natuurdoeltypen**

De onderstaande figuur (Figuur 3-79) is dezelfde als Figuur 2-89. Hierop zijn de natuurpotenties aangeduid. Deze zijn gebaseerd op de actuele topografie, het is waarschijnlijk dat de zone waar nu reeds Spartinion verwacht wordt een geul zal uiteroderen in het verlengde van de Kreek van Lombardsijde.



Figuur 3-79:: Potentiële natuurtypes voor scenario 3

De oppervlakte van de verschillende vegetatiedoeltypen verdeelt zich als volgt::

| | | |
|---|---------|-----|
| • Plantagini-Festucion | 5.0 ha | 18% |
| • Lolio-Cynosuretum (klei) | 0.5 ha | 2% |
| • Phragmition (intertidaal) | 0.6 ha | 2% |
| • Armerion maritimae en/of Puccinellio-Spergularion en/of Salicornion | 13.5 ha | 49% |
| • Spartinion | 8.2 ha | 29% |

Armerion maritimae, Puccinellio-Spergularion, Salicornion hebben in de IJzermonding dezelfde hoogteligging. Het optimum van voorkomen verschilt volgens de overstromingen en het beheer. Mits aangepast beheer kunnen de natuurdoeltypen in het reservaat voorkomen.

4. DE MULTI-CRITERIA-ANALYSE

4.1. Voorwoord

Gevraagd werd een twee stappen multi-criteria-analyse (MCA) uit te voeren om de keuze tussen 3 scenario's voor natuurontwikkeling in de IJzermonding (meer bepaald in de Hemmepolder) te onderbouwen. De eerste stap zal aanwijzen welk ontwikkelingsscenario te verkiezen is voor de Hemmepolder van het oogpunt van enerzijds natuurwaarden en anderzijds van impact op bodem en water en impact op landschap en landschapsbeleving.

De tweede stap is dan bedoeld om voor elk van de scenario's te bepalen welke inrichtingsvariant het meest optimaal is.

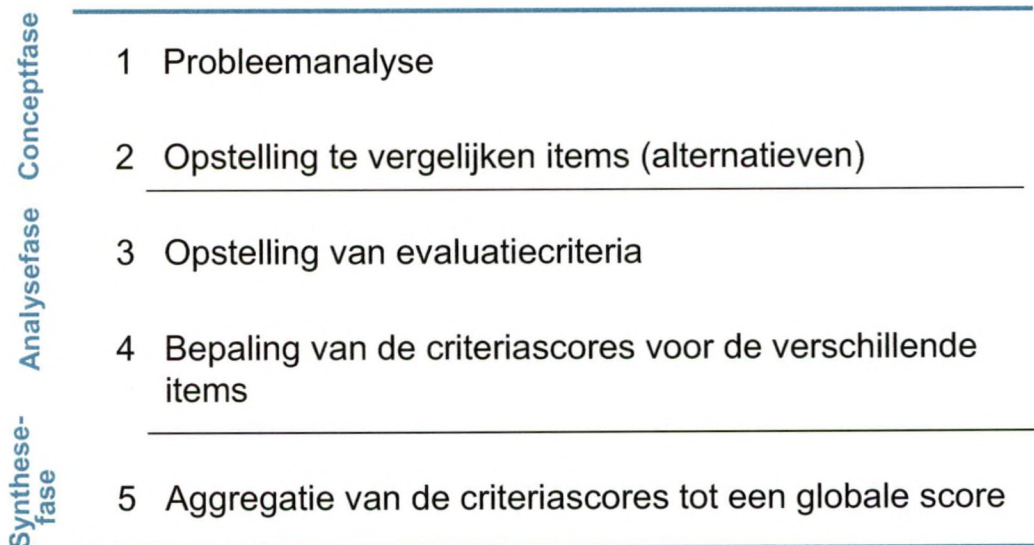
De vergelijking tussen enerzijds de scenario's en anderzijds de varianten wordt uitgevoerd middels een multicriteria-analyse (MCA) waarbij door middel van scores voor criteria en gewichten aan criteria die het belang van het criterium aanduiden een integratie wordt gemaakt zodat een eindrangschikking wordt bekomen.

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van de MCA voor de 3 scenario's en voor de inrichtingsvarianten van elk van de scenario's.

4.2. Inleiding

Het uitvoeren van een MCA voor de evaluatie en vergelijking van verschillende 'items' gebeurt in verschillende stappen (Figuur 4-1).

In de conceptfase wordt de probleemstelling geanalyseerd en worden de verschillende oplossingen of alternatieven (hier: scenario's en varianten voor natuurinrichting voor de Hemmepolder) gedefinieerd.



Figuur 4-1: Verschillende stappen in het proces van een MCA

In de analysefase worden de evaluatiecriteria opgesteld en wordt voor elk van de criteria en voor elk van de alternatieven een score bepaald. Resultaat van de analysefase is een scoretabel.

Tenslotte volgt de synthesefase waarin de criteriascores per alternatief geaggregeerd worden tot een globale score. Om de synthese te kunnen uitvoeren worden gewichten gegeven aan de verschillende criteria om het belang ervan aan te duiden.

Voor de synthese zelf bestaan verschillende methodes. Het is belangrijk om de juiste methode te gebruiken voor de aggregatie. De aard van de criteria is voor de keuze van de meest geschikte methode doorslaggevend.

Een gevoeligheidsanalyse wordt tot slot uitgevoerd om de robuustheid van de resultaten te testen.

4.3. Conceptfase

4.3.1. Doelstelling van de natuurontwikkeling

Zoals beschreven in hoofdstuk 1 werd in 1996 werd door de AMINAL, Afdeling Natuur, cel Kustzonebeheer een onderzoeksopdracht toegewezen aan de vakgroep Morfologie, Systematiek en Ecologie van de Universiteit Gent om het ecologisch streefbeeld en Natuurherstelplan voor het integraal kustreservaat 'De IJzermonding' te Nieuwpoort-Lombardsijde uit te werken. Het ecologisch-biologisch luik van de opdracht, met name de historische en biologische situatie van het studiegebied, het opstellen van een geglobaliseerde vegetatiekaart, het formuleren van de ecologische streefbeelden van natuurherstelmaatregelen werd ingevuld door het Laboratorium Plantkunde. De fysische omschrijving van het studiegebied en de civieltechnische uitwerking van op het ecologisch streefbeeld gebaseerde natuurherstelmaatregelen werden uitgewerkt door IMDC. In onderstaande paragraaf worden de prioriteiten voor de realisatie van het integraal kustreservaat geciteerd voor wat betreft het gebied Hemmepolder.

"De gedeeltelijke vernatting van het kleiige gedeelte van de Hemmepolder kan volledig los van de rest bekeken worden. Bij de fasering moet in principe enkel rekening worden gehouden met de natuur- en de maatschappelijke aspecten voor de ontwikkeling van het gebied. Civieltechnisch zijn er hier geen problemen. Prioritair wordt de creatie van een hoogwatervluchtplaats gesteld, wat bereikt wordt door vergraving van het terrein.

Het verdient sterke aanbeveling hiervoor een hydrologisch onderzoek uit te voeren ten einde de diepte van de afgraving te bepalen. Indien geopteerd wordt voor verzilting, is de vergraving van het terrein met een verbinding van de lagere zones met 't Geleed door middel van grachten de aangewezen oplossing. Op deze grachten worden stuwen voorzien, zodat de in- en uitstroming kan gecontroleerd worden. Ook het sluisstelsel in de Halvemaansdijk vergt aanpassingen. In deze context dient het voorgestelde hydrologische onderzoek tevens gericht te zijn op de mogelijkheid van verzilting."

Met het oog op de eventuele uitbreiding van het Vlaams natuurreservaat "De IJzermonding", te Nieuwpoort (Lombardsijde), zijn in deze studie verscheidene mogelijke streefbeelden voor natuurontwikkeling in de Hemmepolder uitgewerkt tot concrete natuurontwikkelingsplannen. Deze natuurontwikkelingsplannen dienen geëvalueerd te worden aan de hand van een multicriteria analyse.

4.3.2. Definitie van de alternatieven

Drie basisstreefbeelden worden onderzocht:

- Scenario 1: "natte graslanden": binnendijks herstel van voormalige kreken en poldergraslanden met algemene vernatting en zonder bijkomende verzilting

- Scenario 2: “natte zilte graslanden”: ontwikkeling van poldergraslanden met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie/aanvoer van zout water uit de kreek van Lombardsijde
- Scenario 3: “slik en schor”: ontpoldering door onderwerping van de Hemmepolder aan de getijdewerking.

Bij elk van deze basisstreefbeelden wordt ervan uitgegaan dat het hele projectgebied natuurreserveaat wordt en dus **wordt onteigend**. Voor het ‘zoete’ scenario is de onteigening **niet** noodzakelijk maar wel wenselijk voor een optimale natuurontwikkeling.

De inrichtingsvarianten worden in hoofdstuk 3.3 in dit rapport gedetailleerd beschreven. In Tabel 4-1 worden de varianten nogmaals opgesomd, met telkens een samenvatting van de voorziene maatregel.

Tabel 4-1: Overzicht van de bestudeerde scenario's en inrichtingsvarianten

| Scenario en inrichtingsvariant | Doel | Voorziene maatregelen |
|--------------------------------|------------------------|--|
| Scenario 1 | Natte graslanden | |
| Variant 1A | | Opstuwing van het Geleed tot 3,70 m TAW |
| Variant 1B | | Afgraving oeverzone met behoud huidig peil van Geleed |
| Variant 1C | | Combinatie van maatregelen in variant 1A en variant 1B |
| Variant 1D | | Opstuwing van het grondwater door plaatsing van een ondoorlaatbare wand van 10 m |
| Variant 1E | | Opstuwing van het grondwater door plaatsing van een ondoorlaatbare wand over de hele diepte van het kwartair (24 m) |
| Variant 1F | | Afgraven van de toplaag van het projectgebied over een diepte van 60 cm |
| Scenario 2 | Natte zilte graslanden | |
| Variant 2A | | Inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4,45 m TAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 4,00 m TAW ligt onder water komt. Maatregel: lokale verlaging van de dijk ter hoogte van het Piete Sas. |
| Variant 2B | | Inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4,45 m TAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 3,50 m TAW ligt onder water komt. Maatregel: terrein dat in variant 2A met meer dan 20 cm onder water staat wordt afgegraven tot 3,50 m TAW. |
| Scenario 3 | Slik en schor | |
| Variant 3A | | opening van de huidige Piete Sas op 2,65 m TAW over de volledige hoogte van de dijk. De breedte van het Piete Sas wordt behouden |
| Variant 3B | | verwijderen van een deel van de zeewerende dijk. |

4.4. Analysefase

Bij het realiseren van elk van de scenario's en inrichtingsvarianten zal enerzijds een biologische meerwaarde gecreëerd worden met de omzetting van intensief landbouwgebied naar een natuurontwikkelingsgebied, maar zal anderzijds een maatschappelijke impact (positief of negatief) teweeg gebracht worden. De MCA laat toe op basis van zowel de positieve en bedoelde impact als de negatieve (en vaak onbedoelde) impact een rangschikking aan te brengen in de ontwikkelingsscenario's en inrichtingsvarianten.

In de analysefase worden de evaluatiecriteria vastgelegd en de scores voor de criteria bepaald.

In paragraaf 4.4.1 wordt de hoofddoelstelling voorgesteld en uitgesplitst over de verschillende aspecten. Bovendien worden een aantal randvoorwaarden gesteld. Paragraaf 4.4.2 geeft de gebruikte criteria weer. De evaluatiecriteria moeten aan volgende voorwaarden voldoen (de zogenaamde SMART voorwaarden):

- De criteria moeten specifiek toepasbaar zijn voor de problematiek;
- De criteria moeten meetbaar zijn (indicatoren moeten toegekend kunnen worden);
- De criteria moeten acceptabel zijn (aanvaard worden door de personen of instanties die de toetsing moeten uitvoeren);
- De criteria (geoperationaliseerde subdoelstellingen) moeten realiseerbaar zijn; en
- De criteria moeten tijdsgebonden zijn.

Daarenboven is het niet nodig criteria mee te nemen in de evaluatie die niet onderscheidend zijn. Indien de verschillende alternatieven eenzelfde score hebben voor een bepaald criterium kan dat criterium weggelaten worden in de synthesefase.

4.4.1. Hoofddoelstelling

De hoofddoelstelling voor de natuurinrichting kan als volgt geformuleerd worden:

Het creëren van een waardevolle natuur als uitbreiding van het Vlaams Natuurreservaat De IJzermonding waar de landschappelijke belevenis zo hoog mogelijk is met een zo klein mogelijke aantasting van cultuurhistorische waarden en zo klein mogelijke ongewenste impact op de nabije omgeving.

Het komt erop neer dat de gewenste effecten (het verhogen van de natuurwaarden) zo groot mogelijk zijn en de ongewenste effecten zo klein mogelijk.

Volgende aspecten zijn belangrijk in deze hoofddoelstelling:

- Een zo hoog mogelijke kwaliteit van de natuur die gecreëerd zal worden;
- Een zo klein mogelijke aantasting van de cultuurhistorische waarden (archeologie, landschappelijke structuur) en een verhoging van de landschappelijke belevenis van het gebied;
- Een zo klein mogelijke ongewenste impact op milieu (bodem en grondwater);
- Een zo laag mogelijke kostprijs voor inrichting (en onderhoud).

Daarbij komt dat er een aantal randvoorwaarden gesteld moeten worden. Aan deze randvoorwaarden moet elk van de scenario's voldoen. De randvoorwaarden worden dus niet opgenomen als criterium – elk van de scenario's zou immers gelijk (moeten) scoren voor deze criteria.

De MCA houdt geen rekening met de landbouweconomische situatie en de recreatieve aspecten. Deze zullen afzonderlijk uitgebreid onderzocht worden in een maatschappelijke kosten-baten analyse van het natuurherstelproject "Hemmepolder".

Volgende randvoorwaarden werden gesteld bij het opstellen van de inrichtingsvarianten:

- Veiligheid tegen overstromingen (zeewering) moet gewaarborgd blijven;
- Waterafvoer van waterlopen die door het projectgebied stromen mag niet in het gedrang komen. Indien dit wel zo is moeten milderende maatregelen worden genomen. De kosten hiervan moeten meegerekend worden als inrichtingskosten.

Omdat elk van de scenario's en inrichtingsvarianten aan deze randvoorwaarden moet voldoen is het ook niet noodzakelijk om deze criteria in de evaluatie van de scenario's en inrichtingsvarianten mee te nemen.

4.4.2. Identificatie van de subdoelstellingen en criteria

De hoofddoelstelling zoals hierboven werd geformuleerd moet worden uitgesplitst in subdoelstellingen (zie ook reeds hierboven) die dan nogmaals verder worden uitgesplitst tot op het operationele niveau.

De impact op landbouw, recreatie, toerisme, visserij en andere aspecten van de economie zullen worden onderzocht in een maatschappelijke kosten-batenanalyse van het natuurherstelproject Hemmepolder.

4.4.2.1. Criteria voor het bepalen van impact op natuurwaarden

De eerste subdoelstelling luidt als volgt: de kwaliteit van gecreëerde natuur moet zo hoog mogelijk zijn.

Deze subdoelstelling kan worden opgesplitst in volgende aspecten:

- Een zo hoog mogelijke biodiversiteit;
qua biodiversiteit zijn er verschillende beoordelingscriteria:
 1. soortenrijkdom van de habitat,
 2. zeldzaamheid van de samenstellende soorten,
 3. zeldzaamheid van de habitats,
 4. specificiteit van de soorten voor de regio in vergelijking met Vlaanderen (duinspecificiteit, polderspecificiteit, schorspecificiteit),
 5. diversiteit van avifauna,
 6. diversiteit van vissen
- Een zo hoog mogelijke spontaneïteit van de vegetatie;
Hier dient geen verdere opsplitsing te gebeuren.
- Een zo hoog mogelijke historiciteit;
Historiciteit heeft betrekking op de mate waarin de bedoelde habitat (veeleer dan soorten) door de mens reeds lange tijd als zodanig in het betreffende milieu gecreëerd is geweest, zo heeft bvb. een vochtig poldergrasland met winterse inundatie een hogere historiciteit dan een maïsakker, heeft een begraasd schor een hogere historiciteit dan een poldergrasland, aangezien het gebruik van schorgebieden voor begrazing verder terugvoert dan het gebruik als poldergrasland;

De continuering van het bestaand grondgebruik dient niet als positief geëvalueerd te worden

- Een zo goed mogelijk inpassen in doelstellingen van natuurbeleid (vb. aansluiten bij VEN, Natura2000 of RAMSAR-gebieden)

Toewijzing van de potentiële natuurtypes in de Hemmepolder aan door de habitatrichtlijn beschermde en preferentieel te behouden of ontwikkelen habitats wordt gegeven in Tabel 4-2.

Tabel 4-2: potentiële natuurtypes opgelijst in habitatrichtlijn

| natuurtype | habitatcode | Omschrijving |
|---------------------------|-------------|--|
| Plantagini-Festucion | 2130 | Vastgelegde duinen met kruidvegetaties (grijze duinen) |
| Arrhenatherion | (6510) | Laaggelegen schraal hooiland |
| Lolio-Cynosurion | - | - |
| Lolio-Potentillion | - | - |
| Phragmition (zoet) | - | - |
| Phragmition (intertidaal) | - | - |
| Lemnion | - | - |
| Zannichellion | - | - |
| Salicornion | 1310 | Eenjarige pioniersvegetaties val slik- en zandgebieden met Salicornia soorten en andere zoutminnende planten |
| Spartinion | 1320 | Schorren met slijkgrasvegetaties (Spartinion) |
| Puccinellion maritimae | 1330 | Atlantische schorren (Glauco-Puccinellietalia maritimae) |
| Puccinellio-Spergularion | 1330 | Atlantische schorren (Glauco-Puccinellietalia maritimae) |
| Armerion maritimae | 1330 | Atlantische schorren (Glauco-Puccinellietalia maritimae) |
| Open water in estuarium | 1130 | Estuaria |
| slik | 1140 | Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten |

Hieruit blijkt dat alle intertidale habitats van scenario 3 onder de habitatrichtlijn vallen, dat de zilte graslanden (*Puccinellio-Spergularion*) van scenario 2 daar ook onder vallen en dat de duingraslanden (*Plantagini-Festucion*; gelijke oppervlak in de drie scenario 1 en scenario 2) eveneens onder de habitatrichtlijn vallen, maar dat de natte graslanden en overige droge en vochtige graslanden, die gecreëerd worden in scenario 1 en 2, geen “opwaardering” krijgen vanwege de habitatrichtlijn. dit criterium wordt meegenomen bij de biologische beoordeling van de drie scenario's. Dus naast spontaneïteit, historiciteit en biodiversiteit, moet ook het potentieel oppervlak van habitatrichtlijnhabitat in de desbetreffende scenario's als criterium worden toegepast.

Hierdoor zal scenario 3 voor dit criterium verreweg het hoogst scoren, zal scenario 2 intermediair scoren en zal scenario 1 vrij minimaal scoren.

- Hemmepolder – potenties voor het voorkomen van habitatrichtlijnsoorten, soorten van de vogelrichtlijn
 - Bijlage II-soorten van de Habitatrichtlijn aanwezig in Vlaanderen
- Geen van deze soorten is potentieel te verwachten in de Hemmepolder
- Selectie van Bijlage IV soorten van de Habitatrichtlijn die in Vlaanderen voorkomen (Tabel 4-3)

Tabel 4-3: te verwachten soorten in Hemmepolder opgenomen bijlage IV

| scenario | | |
|----------|---------------|-----------------------|
| 1-2 | Bufo calamita | Gewone Pad |
| 1-2 | Apium Repens | Kruipend Moerasscherm |

- Lijst van de vogelsoorten van Bijlage I van de EU-Vogelrichtlijn die in Vlaanderen voorkomen als broedvogel, overzomeraar, regelmatige doortrekker of wintergasten en die potentieel zouden kunnen voorkomen in minstens een van de scenario's voor de Hemmepolder (Tabel 4-4).

Tabel 4-4: te verwachten vogelsoorten in Hemmepolder opgelijst in bijlage I van EU-vogelrichtlijn

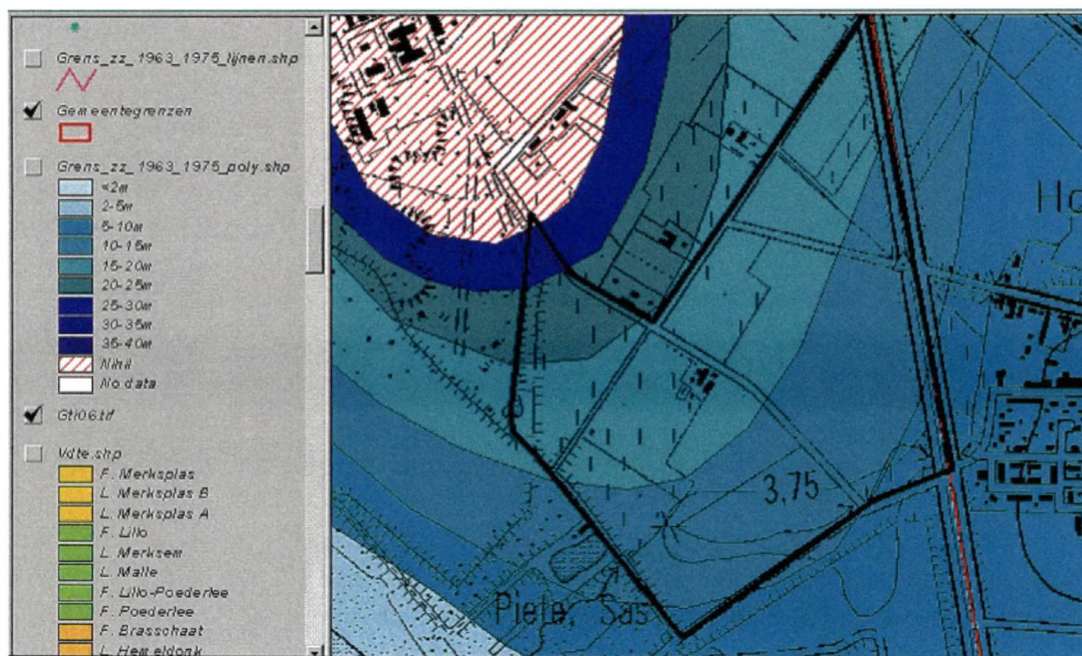
| scenario | vogelsoort | |
|----------|------------------------|---------------------|
| 1-2 | Asio flameus | Velduil |
| 1-2 | Philomachus pugnax | Kemphaan |
| 1-3 | Falco peregrinus | Slechtvalk |
| 1-3 | Luscinia svecica | Blauwborst |
| (1-3) | Circus aeruginosus | Bruine kiekendief |
| 2-3 | Recurvirostra avocetta | Kluut |
| 3 | Egretta garzetta | Kleine zilverreiger |
| 3 | Platylea Leucorodia | Lepelaar |
| 3 | Pluvialis apricaria | Goudplevier |
| 3 | Limosa lapponica | Rosse grutto |
| 3 | Sterna sandvicensis | Grote stern |
| 3 | Sterna hirundo | Visdief |

4.4.2.2. Criteria ter bepaling van de impact op bodem en water

Ongewenste effecten op bodem en grondwater kunnen zijn:

- Verzilting van het grondwater in het studiegebied;
Het criterium verzilting van het grondwater wordt opgesplitst in 2 deelcriteria: verzilting van het grondwater binnen het projectgebied enerzijds en verzilting van het grondwater buiten het projectgebied anderzijds.
Verzilting van het grondwater binnen het projectgebied is in 2 van de 3 scenario's (scenario 2 "zilte graslanden" en scenario 3 "slik en schor") een doel op zich. In het kader van de kaderrichtlijn Water werd echter door de afdeling Water van Aminal een voorstel gedaan

voor de opmaak van de typologie voor grondwater. In het studiegebied is een deel van een zoetwaterlichaam gelegen. Omdat zoetwaterlichamen in deze regio zeldzaam zijn, wordt het verzilten van het zoetwaterlichaam binnen het projectgebied toch als negatief effect aangeduid. Het is echter zo dat in het zuiden van het projectgebied de scheiding tussen zilt en zoet water tussen 5 en 10 meter onder maaiveld ligt (Figuur 4-3). Volgens Aminal Water mag vooral geen verzilting optreden in het noorden van het projectgebied omdat vooral daar de belangrijkste zoetwaterreserves zitten.



Figuur 4-3: Grens zilt-zoet water in Hemmepolder (Bron: Aminal Water)

Buiten het projectgebied (landbouwgebruik) is verzilting steeds een negatief neveneffect.

- Ongewenste waterstandverhoging buiten het projectgebied;
Wanneer de nieuwe grondwaterstand buiten het projectgebied problematisch is voor infrastructuur wordt dit negatief beoordeeld omdat dit bijkomende kosten en lasten genereert om milderende maatregelen te implementeren.

Waterstandsverhoging binnen het projectgebied wordt niet als evaluatiecriterium meegenomen daar een waterstandsverhoging het doel is van het natuurontwikkelingsproject in elk van de scenario's.

- De impact van de overstort op het Geleed
De impact van de overstort op het Geleed wordt in de evaluatie niet meegenomen als criterium omdat ervan uitgegaan wordt dat watervervuiling in het gebied zowieso moet tegengegaan worden in de 3 scenario's. Er wordt geopteerd om een nazuivering te bouwen achter de overstort. Het saneren van de overstort zal niet op dezelfde wijze kunnen gebeuren in de verschillende scenario's.

Voor het evalueren van de negatieve impact op het milieu (bodem en water) worden dus 3 criteria meegenomen:

1. Verzilting binnen het projectgebied;
2. Verzilting buiten het projectgebied;
3. Waterstandsverhoging buiten het projectgebied.

4.4.2.3. Criteria ter bepaling van de impact op landschap en landschapsbeleving

Een derde categorie voor het evalueren van de scenario's is de impact van de ingrepen op landschap en landschapsbeleving.

In sommige scenario's wordt een landschappelijk vrij ingrijpend dijklichaam aangelegd.

Ooit was de Hemmepolder een slik- en schorregebied. Het gebied werd ingepolderd in de loop van de 13de en 14de Eeuw. Het Pietegeleed is een binnendijs relict van een kreek (Moorman et al., 1951 en Verhulst, 1995), die voor de inpoldering wellicht de toegangsgeul tot het vissershaventje van Lombardsijde vormde. Indien het gebied zou worden ontpolderd en vrijgegeven aan de getijdenwerking, zullen enkele geologische processen optreden met een serieuze impact op het huidige landschap en de huidige bodems. De anthropogene percellering van het gebied en de kanalisering tot geleed van de voormalige kreek zullen hierdoor vervagen of zelfs uitgewist worden, wat uit landschapshistorisch perspectief als een verlies kan worden beschouwd. Door de ontpoldering zal anderzijds de landschappelijke belevingswaarde van het projectgebied verhogen. Door herprofilering van het Geleed krijgt de kreek terug een meer natuurlijk karakter.

Het is aannemelijk dat een wijziging van de waterhuishouding in de Hemmepolder een impact kan hebben op de kreek van Lombardsijde. Deze werd bij de ontwikkeling van de scenario's meegecalculeerd.

Voor het evalueren van de impact op landschap en landschapsbeleving worden volgende criteria meegenomen:

1. Impact op de landschappelijke structuur;
2. Impact op archeologie;
3. Impact op landschapsvisuele waarden en beleving.

4.4.2.4. Kostprijs voor inrichting (en onderhoud)

De kostprijs voor de inrichting wordt niet als criterium beschouwd in deze multi-criteria-analyse.

Bij de uiteindelijke keuze zal deze zeker in beschouwing worden genomen. Ze kunnen uitgesplitst worden in:

- Kosten voor aanleg
De inrichtingskosten werden kwantitatief bepaald in het kader van de studie (zie hoofdstukken 2.3.1, 3.3.1.12, 3.3.8 en 3.3.15).
- Kosten voor onderhoud.
De kosten voor onderhoud werden niet bepaald in het kader van de studie en worden dus ook niet meegenomen in de rangschikking van de inrichtingsvarianten.

4.4.2.5. Ongewenste impact op de (landbouw)economische situatie in het gebied

Tenslotte zal er door het inrichten van het gebied voor natuurdoeleinden een impact zijn op de landbouwactiviteiten in het gebied.

Een ongewenste impact op de (landbouw)economische situatie is bijvoorbeeld het verdwijnen van de landbouwactiviteiten in het gebied.

Indien voor elk van de 3 scenario's een bedrijf zou moeten wijken voor natuur, is dit geen onderscheidend criterium.

Akkerbouw is niet verenigbaar met de voorliggende scenario's maar rundveehouderij is wel mogelijk in bepaalde scenario's. Deze problematiek zal echter afzonderlijk worden behandeld in een aparte socio-economische studie en is niet aan de orde in deze MCA.

Indien verziltingseffecten door inrichting van het projectgebied zich uitstrekken tot buiten het projectgebied kan dit een gevolg hebben voor de grondwateronttrekkingen in de buurt. Het stopzetten van deze onttrekkingen kan problematisch zijn voor de werking en rentabiliteit van bedrijven.

Het is mogelijk dat andere economische activiteiten verhinderd kunnen worden of die een negatieve impact kunnen ondervinden van het inrichten als natuur van het projectgebied.

4.4.3. Doelstellingen-criteriaboom

Bovenstaande criteria werden samengevat in Tabel 4-5 t.e.m. Tabel 4-7. Voor elk van de criteria werd een indicator aangewezen. Voor de uiteindelijke rangschikking nemen we volgende 3 subdoelstellingen mee:

- 1. Kwaliteit natuur zo hoog mogelijk;
- 2. Ongewenste impact op het milieu (bodem en water) zo laag mogelijk; en
- 3. Ongewenste impact op het landschap en de landschapsbeleving zo laag mogelijk.

De kosten worden apart bekeken.

Omdat de meeste indicatoren niet kwantitatief uit te drukken zijn, worden de scores kwalitatief uitgedrukt. Een kwalitatieve score geeft louter een volgorde aan. Aan de hand van deze scores kan enkel afgeleid worden welk van de alternatieven beter scoort dan het andere, niet hoeveel maal beter het ene alternatief scoort in vergelijking met het andere.

Enkel de kostencriteria kunnen kwantitatief worden uitgedrukt.

Tabel 4-5: Doelstellingen-criteriaboom voor het evalueren van de scenario's en varianten voor natuurinrichting op basis van natuurwaarden

| Subdoelstelling | Criteria | Subcriteria | Voorstel voor indicator |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--|
| Kwaliteit natuur zo hoog mogelijk | Biodiversiteit zo groot mogelijk | Soortenrijkdom Habitats | Mate van Soortenrijkdom Habitats (rangorde) |
| | | Zeldzaamheid Habitats | Mate van zeldzaamheid van habitats(rangorde) |
| | | Zeldzaamheid soorten | Mate van zeldzaamheid van soorten (rangorde) |
| | | Specificiteit habitatsoorten | Mate van specificiteit van habitatsoorten (rangorde) |
| | | Biodiversiteit in avifauna | Mate van biodiversiteit (rangorde) |
| | | Biodiversiteit vissen | Mate van biodiversiteit (rangorde) |
| | Spontaneïteit zo hoog mogelijk | | Mate van spontaneïteit van de vegetatie (rangorde) |

| Subdoelstelling | Criteria | Subcriteria | Voorstel voor indicator |
|-----------------|--|--|---|
| | Historiciteit zo hoog mogelijk | | Mate van graad van aansluiting bij historiciteit (rangorde) |
| | Zo goed mogelijk aansluiten bij beleid (VEN, Natura2000, RAMSAR) | Habitats en soorten uit bijlagen van Habitatrichtlijngebied. | Oppervlakte van natuurtypen aanwezig in Habitatrichtlijn |

Tabel 4-6: Doelstellingen-criteriaboom voor het evalueren van de scenario's en varianten voor natuurinrichting op basis van impact op bodem en grondwater

| Subdoelstelling | Criteria | Voorstel voor indicator |
|--|--|--|
| Ongewenste impact op bodem en water zo laag mogelijk | Ongewenste verzilting buiten projectgebied zo laag mogelijk | Mate van ongewenste verzilting buiten projectgebied (rangorde) |
| | Ongewenste verzilting binnen projectgebied zo laag mogelijk | Mate van ongewenste verzilting binnen projectgebied (rangorde) |
| | Ongewenste waterstandsverhoging buiten projectgebied | Mate van ongewenste waterstandsverhoging buiten projectgebied (rangorde) |
| | Zo goed mogelijk aansluiten bij beleid (VEN, Natura2000, RAMSAR, Vogelrichtlijn) | aanwezigheid van soorten van habitat- en vogelrichtlijn |

Tabel 4-7: Doelstellingen-criteriaboom voor het evalueren van de scenario's en varianten voor natuurinrichting op basis van impact op landschap en landschapsbeleving

| Subdoelstelling | Criteria | Voorstel voor indicator |
|---|--|---|
| Landschappelijke impact: de ongewenste impacts moeten zo laag mogelijk zijn en de positieve impacts zo hoog mogelijk | Ongewenste impact op landschappelijke structuur zo laag mogelijk | Mate van verhoogde landschappelijke belevenis |
| | Ongewenste impact op mogelijk archeologisch verlies | Mate van ongewenste impact op landschappelijke structuur (rangorde) |
| | De landschappelijke belevenis (esthetiek) moet zo hoog mogelijk zijn | Mate van ongewenste impact op archeologisch verlies (rangorde) |

4.4.4. Invullen van de scoretabellen

Voor elk van de criteria voor elk van de scenario's en varianten werden in deze stap scores bepaald. De scores wordt weergegeven als "volgorden". Dit wil zeggen dat de laagste score wordt toegekend aan het scenario of de variant die beter scoort dan alle anderen en de hoogste score aan het scenario of de variant die slechter scoort dan alle anderen. Gelijke scores zijn mogelijk indien de alternatieven gelijkaardig scores op het criterium. Tijdens de synthesefase worden de scores geaggregeerd tot een eindscore die de volgorde van de verschillende alternatieven weergeeft.

Tabel 4-8 geeft de scores weer voor de criteria voor elk van de inrichtingsscenario's. Deze scores worden gebruikt om de inrichtingsscenario's met elkaar te vergelijken.

Tabel 4-9 t.e.m. Tabel 4-11 geven de scores weer voor de evaluatie van de inrichtingsvarianten voor de scenario's 1, 2 en 3.

Tabel 4-8: Scores voor de evaluatie van de inrichtingsscenario's

| Criteriumgroep | Criteria | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
|----------------------------------|---------------------------|------------|------------|------------|
| Gebiedsspecifieke Biodiversiteit | | | | |
| | Soortenrijkdom habitats | 1 | 2 | 3 |
| | Zeldzaamheid soorten | 3 | 2 | 1 |
| | Zeldzaamheid habitats | 3 | 2 | 1 |
| | Specificiteit van soorten | 3 | 2 | 1 |

| Criteriumgroep | Criteria | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
|--------------------------|---|------------|------------|------------|
| Spontaneïteit | Diversiteit avifauna | 3 | 1 | 2 |
| | Diversiteit vissen | 2 | 1 | 1 |
| | Spontaneïteit | 3 | 2 | 1 |
| | Historiciteit | 3 | 2 | 1 |
| Aansluiting bij beleid | | | | |
| Impact op bodem en water | Habitats uit habitatrichtlijn | 3 | 2 | 1 |
| | Vogels uit vogelrichtlijn | 3 | 2 | 1 |
| | Verzilting binnen het Studiegebied | 1 | 2 | 3 |
| | Verzilting buiten het studiegebied | 1 | 1 | 2 |
| Impact op landschap | Stijging van het grondwater | 1 | 3 | 2 |
| | Impact op landschappelijke structuur | 1 | 2 | 3 |
| | Impact op archeologie | 1 | 2 | 3 |
| | Impact op landschapsvisuele waarden en beleving | 3 | 2 | 1 |

Tabel 4-9: Scores voor de evaluatie van de inrichtingsvarianten voor scenario 1

| Criteriumgroep | Criteria | Variant 1A | Variant 1B | Variant 1C | Variant 1D | Variant 1E | Variant 1F |
|----------------------------------|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Gebiedsspecifieke Biodiversiteit | Soortenrijkdom habitats | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 1 |
| | Zeldzaamheid soorten | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 1 |
| | Zeldzaamheid habitats | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 1 |
| | Specificiteit van soorten | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 1 |
| | Diversiteit avifauna | 4 | 2 | 1 | 5 | 6 | 3 |
| | Diversiteit vissen | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Spontaneïteit | Spontaneïteit | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Historiciteit | Historiciteit | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Aansluiting bij beleid | Habitats uit habitatrichtlijn | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Vogels uit vogelrichtlijn | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Impact op bodem en water | Verzilting binnen het Studiegebied | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Verzilting buiten het studiegebied | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Stijging van het grondwater | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| Impact op landschap | | | | | | | |

| Criteriumgroep | Criteria | Variant 1A | Variant 1B | Variant 1C | Variant 1D | Variant 1E | Variant 1F |
|----------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Impact op landschappelijke structuur | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| | Impact op archeologie | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| | Impact op landschapsvisuele waarden en beleving | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 |

Tabel 4-10: Scores voor de evaluatie van de inrichtingsvarianten voor scenario 2

| Criteriumgroep | Criteria | Variant 2A | Variant 2B |
|----------------------------------|---|------------|------------|
| Gebiedsspecifieke Biodiversiteit | Soortenrijkdom habitats | 2 | 1 |
| | Zeldzaamheid soorten | 2 | 1 |
| | Zeldzaamheid habitats | 2 | 1 |
| | Specificiteit van soorten | 2 | 1 |
| | Diversiteit avifauna | 2 | 1 |
| | Diversiteit vissen | 1 | 1 |
| Spontaneïteit | Spontaneïteit | 1 | 1 |
| Historiciteit | Historiciteit | 2 | 1 |
| Aansluiting bij beleid | Habitats uit habitatrichtlijn | 2 | 1 |
| | Vogels uit vogelrichtlijn | 2 | 1 |
| Impact op bodem en water | Verzilting binnen het Studiegebied | 1 | 1 |
| | Verzilting buiten het studiegebied | 1 | 1 |
| | Stijging van het grondwater | 1 | 1 |
| Impact op landschap | Impact op landschappelijke structuur | 1 | 2 |
| | Impact op archeologie | 1 | 2 |
| | Impact op landschapsvisuele waarden en beleving | 2 | 1 |

Tabel 4-11: Scores voor de evaluatie van de inrichtingsvarianten voor scenario 3

| Criteriumgroep | Criteria | Variant 3A | Variant 3B |
|----------------------------------|---|------------|------------|
| Gebiedsspecifieke Biodiversiteit | Soortenrijkdom habitats | 1 | 1 |
| | Zeldzaamheid soorten | 1 | 1 |
| | Zeldzaamheid habitats | 1 | 1 |
| | Specificiteit van soorten | 1 | 1 |
| | Diversiteit avifauna | 1 | 1 |
| | Diversiteit vissen | 1 | 1 |
| Spontaneïteit | Spontaneïteit | 2 | 1 |
| Historiciteit | Historiciteit | 2 | 1 |
| Aansluiting bij beleid | Habitats uit habitatrichtlijn | 1 | 1 |
| | Vogels uit vogelrichtlijn | 1 | 1 |
| Impact op bodem en water | Verzilting binnen het Studiegebied | 1 | 2 |
| | Verzilting buiten het studiegebied | 1 | 2 |
| | Stijging van het grondwater | 1 | 1 |
| Impact op landschap | Impact op landschappelijke structuur | 1 | 2 |
| | Impact op archeologie | 1 | 2 |
| | Impact op landschapsvisuele waarden en beleving | 2 | 1 |

De **impact op natuur** wordt beoordeeld aan de hand van 10 criteria. Het criterium soortenrijkdom van een habitat is bijzonder moeilijk te bepalen. De opdrachtnemer gaat uit van de **potentiële** soortenrijkdom in de veronderstelling dat geen biologische limiterende factoren spelen (met name aanwezigheid van diasporen (bvb. zaden) van de ecologisch potentieel aanwezige soorten). Het lijkt ons mogelijk om voor de gewenste habitats per scenario een rangorde aan te geven op basis van botanische en avifaunistische potenties. De scores zijn gebaseerd op rapporten opgesteld in opdracht van het AMINAL Natuur [Vandenbussche et al.2002a en b] en [Zwaenepoel et al, 2002]

Scenario 3 met varianten ‘A’ en ‘B’ krijgt een score 3 en scoort het minst goed van alle varianten. Dit komt door de een armere soortenrijkdom van de habitat ‘Slikke en Schorre’.

Hieropvolgend scoren de zilte graslanden minder goed in scenario 2. Scenario 2 krijgt een score 2. Het onderscheid tussen beide varianten is gebaseerd op de oppervlakte van het Stomp kweldergras-verbond (*Puccinellio-Spergularion salinae*). In variëte 2B is deze oppervlakte groter dan in variëte 2A en scoort dus beter in deze categorie.

Scenario 1 beoogt de ontwikkeling van zoete graslanden. Deze zijn in het algemeen soortenrijk en scoren het best. Scenario 1 krijgt een score 1.

Het onderscheid tussen de varianten is gebaseerd op de oppervlakte van de natuurdoeltypen lollo-potentillion en phragmition australis. De oppervlakte van deze natuurdoeltypen is het kleinst voor varianten 1A, 1D en 1E, zij scoren minder goed dan variëte 1F waar lollo-potentillion en phragmition australis de grootste oppervlakte bestrijken.

De scoretabel is voor de categorieën zeldzaamheid van soorten, zeldzaamheid van habitats en de specificiteit van soorten op dezelfde manier ingevuld. Scenario 3 scoort het hoogst. Slikken en schorren zijn "waterrijke, in Vlaanderen uiterst zeldzame, biotopen met een internationaal belang." Samen nemen ze slechts 0,06 tot 0,08 % (830-1110 ha) van het Vlaamse oppervlak in (Natuurrapport 1999), ze komen enkel in het Zwin, de IJzermonding, de baai van Heist voor. Door de zeldzaamheid en specificiteit van zoutminnende soorten in dergelijk habitat zijn de soorten die potentieel in het habitat Slikke en Schorre voortkomen ook erg zeldzaam. Scenario 3 heeft score 1 gekregen.

Na scenario 3 scoort scenario 2 beter dan scenario 1. Zilte natte graslanden zijn zeldzamer in Vlaanderen dan zoete natte graslanden.

Het onderscheid binnen dit scenario wordt bepaald door de oppervlakte van *Puccinellion Spergularia*. De oppervlakte hiervan is groter in variëte 2B dan in variëte 2A.

Scenario 1 scoort voor de drie categorieën het minst goed. De bepalende factor voor dit scenario is de potentiële aanwezigheid van lollo-potentillion en phragmition australis. De scores volgen dan de scores van het soortenrijkdom habitats. Variëte 1F (score 1) scoort het best en varianten 1A, 1D en 1E het minst goed (score 4). Variëte 1C volgt op variëte 1F met een score 2. Tenslotte heeft variëte 1B een score 3 gekregen.

De categorie diversiteit avifauna wordt als volgt geciteerd. De scores van de varianten zijn gebaseerd op de voedselrijkdom gegenereerd door het scenario, de fourageermogelijkheden en schuilplaatsen. Scenario 2 scoort hiervoor het best, binnen dit scenario scoort variëte 2B beter omdat de oppervlakte van phragmitis Australis het grootst is. Scenario 3 scoort minder goed dan scenario 2 (score 2) omdat het projectgebied tweemaal daags onder water komt en geen hoogwatervluchtplaatsen in het projectgebied zijn (deze bestaan wel in het natuurreservaat "IJzermonding" dat aan het projectgebied grenst). Door de aanwezige voedselrijkdom scoort Scenario 3 beter dan Scenario 1. De scores van de varianten binnen scenario 1 worden bepaald door de aanwezigheid van Phragmition Australis. Varianten 1B scoort het best en variëte 1E het minst goed.

De categorie diversiteit van vissen heeft 2 scores gekregen. De varianten waar zout water tot het gebied wordt toegelaten (scenario 2 en scenario 3) krijgen een score 1 en de varianten van scenario 1 krijgen een score 2.

De spontaneïteit wordt beoordeeld door de mate waar menselijke ingrepen of factoren het tot stand komen van de habitats beïnvloeden. De inrichting van de Hemmepolder is hier niet in rekening gebracht. In deze categorie scoort scenario 3B het beste omdat na het weghalen van de dijk nauwelijks nog invloed van de mens bestaat. Scenario 3A scoort minder goed door de aanwezigheid van de vernauwing aan de Halvemaandijk. Scenario 2 scoort beter dan scenario 1 omdat de graad van beheer van het projectgebied minder hoog is in scenario 2 dan in scenario 1.

De historiciteit heeft betrekking op de mate waarin de bedoelde habitat (veeleer dan soorten) door de mens reeds lange tijd als zodanig in het betreffende milieu gecreëerd is geweest, zo heeft bvb. een vochtig poldergrasland met winterse inundatie een hogere historiciteit dan een maïsakker, heeft een begraasd schor een hogere historiciteit dan een poldergrasland, aangezien het gebruik van schorgebieden voor begrazing verder terugvoert dan het gebruik als poldergrasland.

De varianten van scenario 3 scoort voor deze categorie het beste en variante 3B scoort beter dan 3A omdat de habitat 3B (geen beperking van het tij) vroeger is gecreëerd door menselijke invloed dan een habitat met een gereduceerd tijd. Scenario 2 scoort dan ook beter dan scenario 1 door de aanwezigheid van zoutminnende elementen. Het onderscheid binnen deze groep wordt bepaald door de aanwezigheid van *Puccinellion Spergularia*. In scenario 1 wordt het onderscheid tussen de varianten gemotiveerd door de aanwezigheid van *Lollo-Potentillion* en *Phragmition Australis*.

De motivering van de drie laatste criteria voor de hoofdgroep Natuur spreekt voor zichzelf en gaat gepaard met de zeldzaamheid van de habitats in Vlaanderen. Scenario 3 scoort het beste, alle natuurdoeltypen die in een Slikke en Schorre biotoop voorkomen zijn opgelijst in de Habitatrichtlijn, variante 2B scoort beter dan 2A omdat zilte graslanden bepalend zijn in de habitatrichtlijn, de oppervlakte zilte grasland is veel groter in variante 2B dan variante 2A. De natuurdoeltypen die te verwachten zijn in de varianten van scenario 1 zijn niet opgelijst in de habitatrichtlijn en scoren dus het minst goed.

De **impact op bodem en water** wordt beoordeeld aan de hand van 3 criteria, verzilting binnen het projectgebied, verzilting buiten het projectgebied en stijging van het Grondwater buiten het projectgebied. Een grotere verzilting dan in de referentiesituatie krijgt een slechte beoordeling. De regel geldt ook voor vernatting, een stijging van het grondwater wordt slecht beoordeeld.

Voor het criteria verzilting binnen het studiegebied krijgen de varianten van scenario 1 de beste score en is geen onderscheid gemaakt binnen de varianten. Scenario 2 scoort minder goed dan scenario 1 maar beter dan scenario 3. Het onderscheid tussen variante 2A en 2B is enerzijds gebaseerd op de oppervlakte die overspoeld wordt door zout IJzerwater maar ook door de diepte van overstroming. Door het afgraven van het terrein zal de waterdruk hoger zijn en zal meer zoutwater in de ondergrond infiltreren, te meer dat het grondwater dicht bij het maaiveld staat in scenario 2B dan 2A. Scenario 2B krijgt een minder goede score dan scenario 2A. Bij de varianten van scenario 3 overstroomt gemiddeld een grotere oppervlakte met zout water in variant 3B dan in 3A. Variante 3B krijgt de minst goede score.

Voor het scenario verzilting buiten het studiegebied worden enkel de 3 verschillende scenario's beoordeeld. Scenario 1 en 2 krijgen de beste score omdat niets verandert vergeleken met de referentiesituatie cfr (Figuur 3-51). Scenario 3 krijgt een score 2, omdat in dit scenario het grondwater buiten het projectgebied beïnvloed wordt (cfr Figuur 3-63).

De quotering van het criterium stijging van het grondwater is gebaseerd op de kaarten in Bijlage 8 en de gemiddelde verandering van het grondwaterpeil. Uit deze cijfers en kaarten blijkt dat scenario 2 het minst goed scoort (score 3), Scenario 3 een score 2 krijgt en scenario 1 een score 1 krijgt. In scenario 1 krijgt de variante 1 C een score 3, varianten 1A, 1B en 1E krijgen een score 2 en varianten 1F en 1D scoren het best.

De **impact op landschap** wordt ook beoordeeld aan de hand van 3 criteria, impact op landschappelijke structuur, impact op archeologie en impact op landschapsvisuele waarden en beleving.

De impact op landschappelijke structuur is beoordeeld op de mate waarop het landschap afwijkt van de referentiesituatie. Een variante waar het landschap niet verandert scoort beter dan een variante waar het landschap sterk afwijkt van de referentiesituatie. Vanuit dit oogpunt scoort

scenario 1 het beste, daarna volgt scenario 2 omdat een deel van de Halvemaandijk wordt afgegraven. Scenario 3 krijgt een score 3.

In scenario 1 scoren variëte 1A, 1D en 1E het beste, in deze variëte worden de bestaande percelen anders beheerd en verandert er zeer weinig aan het bestaande landschap. De variëten met een score 2 zijn variëten 1B en 1C, de habitat van deze variëten blijft hoofdzakelijk zoete (droge) graslanden met welliswaar een grotere differentiatie dan de variëten met een score 1 door het uitgraven van een waterplas en het afschuinen van de oevers, de landschappelijke structuur wordt meer gewijzigd. Variëte 1F scoort hier het slechts omdat de perceelsstructuur helemaal wordt veranderd door 60 cm grond af te graven.

In scenario 2 krijgt variëte 2A krijgt een score 1, het gecreëerde landschap leunt sterk aan bij dat van variëte 1B en 1C. Door het afgraven van een zone gelegen in beschermd landschap scoort scenario 2B (score 2) slechter dan scenario 2A (score 1).

In scenario 3 krijgt Variëte 3A krijgt een score 1 die beter is dan de score van variëte 3B omdat in Variëte 3A minder grondverzet wordt gepleegd er wordt enkel een verticale opening gecreëerd in de bestaande Halvemaandijk en een ringdijk rondom het projectgebied geplaatst 1m10 boven het maaiveld. De score 2 voor de variëte 3B steunt vooral op het weghalen van de Halvemaandijk, deze ingreep verandert de landschappelijke structuur in grote mate vooral omdat het hier om beschermd landschap gaat. Met deze werken gaat het oprichten van een nieuwe zeeverende dijk gepaard die de negatieve score nog versterkt.

De impact op archeologie is beoordeeld op twee stellingen; het grondverzet en de mogelijkheid om verder archeologisch onderzoek te doen in het gebied na de uitvoering van het natuurontwikkelingsplan.

Scenario 1 scoort in het algemeen het beste omdat dit scenario het meest aanleunt bij de referentiesituatie. Scenario 3 door het tweemaal daags overstroomd van de Plder scoort het minst goed. Scenario 2 scoort minder goed dan scenario 1 omdat de fysico-chemische condities van de bodem en het grondwater gewijzigd worden.

In scenario 1 scoren variëte 1A, 1D en 1E het beste; in deze variëten wordt geen grondverzet gepleegd en verandert er niets aan de vrijwaring van het archeologisch erfgoed. De variëten met een score 2 zijn variëten 1B en 1C en 2A. In deze variëten wordt een beperkt grondverzet gepleegd, de kans dat archeologisch erfgoed verloren gaat bij deze werken is klein. Variëte 1F krijgt een score 3, mits gepaste maatregelen ter vrijwaring van archeologisch erfgoed bij het inrichten van de Hemmepolder is het projectgebied in alle tijden toegankelijk voor verder onderzoek.

In scenario 2 scoort variëte 2B slechter dan 2A omdat het afgegraven gebied bij springtij (boven 4.45mTAW) onder water komt te staan, hetgeen schadelijk is voor eventueel aanwezig archeologisch erfgoed.

Scenario 3 scoort voor dit criterium het minst goed. Variëte 3A heeft een betere score gekregen dan variëte 3B omdat, gemiddeld genomen een kleinere oppervlakte overstroomt.

De scores van het criterium impact op landschapsvisuele waarden en beleving is gebaseerd op de zeldzaamheid en vervangbaarheid van het gegenereerde landschap in Vlaanderen. Een slik-schor natuurlandschap scoort beter dan een cultuurlandschap. Scenario 3 krijgt een score 1, scenario 2 een score 2 door een grotere variabiliteit in het Landschap dan scenario 1.

Binnen scenario 3 genereert de afwezigheid van de Halvemaandijk een grotere landschapsvisuele beleving doordat een continuüm gecreëerd wordt IJzer –Kreek van Lombardsijde – Projectgebied. Variëte 3B krijgt score 1 en variëte 3A krijgt score 2. De overige variëten

worden gerangschikt op het voorkomen van grondwatergebonden natuur, waarbij de beleving groter wordt wanneer het areaal grondwaterafhankelijke natuur groter wordt.

Variante 2B scoort beter dan variante 2A

Variante 1 F scoort beter dan variante C dat beter scoort dan varianten 1A,1B, 1D en 1E.

De kostprijs van de verschillende varianten gelden niet als een criterium in dit MCA maar worden hier pro memorie nogmaals opgesomd.

Tabel 4-12: Kostprijs inrichtingsvarianten

| Inrichtingsvariante | Geraamde Kostprijs [Euro excl. BTW] |
|---------------------|-------------------------------------|
| Variante 1A | 273 295 |
| Variante 1B | 421 795 |
| Variante 1C | 513 295 |
| Variante 1D | 661 795 |
| Variante 1E | 11 701 795 |
| Variante 1F | 1 625 795 |
| Variant 2A | 292 720 |
| Variante 2B | 858 024 |
| Variante 3A | 496 130 |
| Variante 3B | 1 601 455 |

4.5. Synthesefase

In de synthesefase worden de verschillende scores geaggregeerd tot één eindscore. Hierbij wordt rekening gehouden met het belang dat gehecht wordt aan de verschillende criteria (gewichten).

Tijdens de synthesefase worden volgende stappen doorlopen:

- Standaardiseren van de kwantitatieve criteria (hier dus niet van toepassing);
- Geven van gewichten aan de evaluatiecriteria (evenredig met het belang dat gehecht wordt aan de criteria);
- Identificatie van de meest geschikte methode voor aggregatie van de scores;
- Aggregatie van de scores tot één eindscore; en
- Gevoeligheidsanalyse.

4.5.1. Standaardiseren van de scores

Om de aggregatie mogelijk te maken moeten de kwantitatieve scores omgezet worden tot gestandaardiseerde scores (scores tussen 0 en 1). Hiervoor moeten volgende zaken worden vastgelegd:

- Richting van de standaardisatie (kosten- dan wel batencriterium)
- Minimum- en maximumwaarde voor standaardisatie; en
- Vorm van de standaardisatiecurve (lineair vs. niet lineair).

De kwalitatieve criteria worden niet gestandaardiseerd. Omdat er in de afwegingen geen kwantitatieve criteria worden gebruikt, is deze stap in de analyse niet nodig.

4.5.2. Toekennen van gewichten aan de criteria

Het toekennen van gewichten aan de criteria is een belangrijke stap in de MCA. Elk gewicht bepaalt hoeveel belang er in het resultaat wordt gehecht aan het criterium.

De gewichten werden opgesteld door het projectteam en voorgelegd aan de stuurgroep. Er worden 3 verschillende groepen van criteria gehanteerd (zie de 3 subdoelstellingen). De inrichtingsscenario's (en varianten) werden voor elk van de criteriagroepen apart geëvalueerd. In een tweede stap werden de verschillende evaluaties geïntegreerd.

4.5.2.1. Criteria m.b.t. natuurwaarden van de inrichtingsscenario's

Gebiedsspecifieke Biodiversiteit: 0.60

biodiversiteit: de verscheidenheid aan soorten en/of levensgemeenschappen, zowel in aantal als in abundantie, rekening houdend met hun globale zeldzaamheid, hun ruimtelijke spreiding (specificiteit voor de habitat, het landschap, het biogeografische district, ...) en verspreidingstrend.

Argumentatie voor de weging: biodiversiteit is steeds het hoofddoel bij een natuurontwikkelingsproject. Weliswaar worden streefdoelen soms fysisch gedefinieerd (zie bvb. voor het VNR De IJzermonding) maar het uitgangspunt daarbij is steeds dat situaties gecreëerd worden die de biodiversiteit ten goede komt. Door de specificiteit van habitats en soorten in de weging mee te betrekken wordt bovendien niet willekeurige biodiversiteit nagestreefd, maar wordt de voor de fysische en geografische omstandigheden kenmerkende biodiversiteit nagestreefd. Hierdoor wordt vermeden dat weinig specifieke habitats, die grote aantallen zeer algemene, eurytope soorten kunnen herbergen, een hoge waardering krijgen). Hierdoor zitten elementen van historiciteit ook reeds vervat in het criterium biodiversiteit. Men mag verder verwachten dat de afbakening van habitats in de habitatrichtlijn eveneens gebaseerd is op (gebiedsspecifieke) biodiversiteit, waardoor het beleids criterium ook reeds deels vervat zit in dit criterium. Meest onafhankelijke criterium is de spontaneïteit, waarbij de spontane vestiging en uitbreiding van exoten negatief wordt beoordeeld via de criteria biodiversiteit en historiciteit.

| | | |
|----|--|------|
| 1. | Soortenrijkdom habitats | 0.30 |
| 2. | Zeldzaamheid van de soorten in Vlaanderen (excl. avifauna) | 0.15 |
| 3. | Zeldzaamheid van de habitats in Vlaanderen | 0.15 |
| 4. | Specificiteit van de soorten | 0.30 |
| 5. | Diversiteit Avifauna | 0.10 |
| 6. | Diversiteit Vissen | 0.00 |

Spontaneïteit: 0.20

spontaneïteit: mate waarin de soorten zich vestigen en reproduceren en/of de levensgemeenschap, de habitat, het proces, het landschap zich vormt en/of in stand houdt zonder bewuste ordening, zonder bewuste ingrepen vanwege de mens.

Argumentatie voor de weging: hoogste score na biodiversiteit omdat het het meest onafhankelijke criterium is ten opzichte van de overige. Spontaneïteit betekent dat de mens zo weinig mogelijk tussenkomt in de ontwikkeling van het systeem en dus ook zo min mogelijk deterministisch bepaalt wat precies waar moet komen. Een uitgangssituatie wordt gecreëerd en de natuur gaat daarna zijn gang. Dit betekent dat de vestiging en uitbreiding van exoten (bvb. Engels slijkgras, Canadese gans, ...) volgens dit criterium niet negatief beoordeeld wordt. Spontane ontwikkeling hoeft geenszins te betekenen dat de hoogst mogelijke biodiversiteit wordt bereikt, integendeel zelfs, aangezien de mens door in te grijpen meer fysische milieus kan creëren en daardoor biodiversiteit bevorderend kan inwerken.

Historiciteit: 0.10

historiciteit: de tijdsduur dat de soort, de habitat, de levensgemeenschap, het landschap al deel uitmaakt van het ecosysteem waarin het zich ontwikkelt, dit zowel in oernatuurlijke als in antropogene zin (door de mens bewerkstelligt).

Argumentatie voor de weging: dit criterium krijgt een lage weging, omdat het indirect ook al opgenomen is in het criterium biodiversiteit. Het criterium werd in de ecosysteemvisie vooral geïntroduceerd om de spontane vestiging en uitbreiding van exoten (hoge spontaneïteit, lage historiciteit) negatief te kunnen evalueren en om cultuurhistorisch maar ook fysisch geografische gebondenheid van habitats aan het betreffende ecosysteem te kunnen waarderen.

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Aansluiting bij beleid: | 0.10 |
| 1. Habitats in de habitatrichtlijn | 0.6 |
| 2. Vogels uit de vogelrichtlijn | 0.4 |

Argumentatie voor de weging: de aansluiting bij het beleid wordt zeker belangrijk geacht. Aangezien we aannemen dat deze beleidscriteria echter gebaseerd zijn op de eerdere criteria en parallel zullen lopen, wordt hieraan een lage weging gegeven. Aangezien de habitatrichtlijn een generiekere doelstelling heeft dan de vogelrichtlijn (specifieke gericht op vogels) wordt de laatste iets lager gewogen dan de eerste.

De resulterende gewichtenset wordt in Tabel 4-13 weergegeven. Per niveau is de som van de gewichten gelijk aan 1. Het resulterende gewicht per criterium wordt berekend door de gewichten per niveau met elkaar te vermenigvuldigen.

Tabel 4-13: resulterende gewichtenset voor de MCA-analyse

| Criteriumgroep | Criteria | Gewicht hoofdcriterium- groepen | Gewicht Citeriumgroepen | Resulterende gewichten |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Gebiedsspecifieke Biodiversiteit | | 0,600 | | |
| | Soortenrijkdom habitats | | 0,300 | 0,180 |
| | Zeldzaamheid soorten | | 0,150 | 0,090 |
| | Zeldzaamheid habitats | | 0,150 | 0,090 |
| | Specificiteit van soorten | | 0,300 | 0,180 |
| | Diversiteit avifauna | | 0,100 | 0,060 |
| | Diversiteit vissen | | 0,000 | 0,000 |
| Spontaneïteit | | 0,200 | | 0,200 |
| Historiciteit | | 0,100 | | 0,100 |
| Aansluiting bij beleid | | 0,100 | | |
| | Habitats uit habitatrichtlijn | | 0,600 | 0,060 |
| | Vogels uit vogelrichtlijn | | 0,400 | 0,040 |

4.5.2.2. Criteria m.b.t. impact op milieu (bodem en water)

De weerhouden criteria zijn verzilting van het zoetwaterlichaam binnen het studiegebied, verzilting buiten het studiegebied en vernatting.

| | |
|--|--------------|
| Verzilting van het zoetwaterlichaam binnen het studiegebied | 0.225 |
|--|--------------|

Verzilting van het zoetwaterlichaam buiten het studiegebied0.525

vernatting: gewicht0,250

Argumentatie voor de weging: verzilting is van groter belang bij de afweging dan vernatting. De impact van verzilting – vb. op landbouwactiviteiten, grondwaterwinningen, enzovoort – is veel groter dan de impact van vernatting. Daarbij komt nog dat er een beleidsvoorstel op tafel ligt waarin staat dat de zoetwaterlichamen in de kuststreek beschermd zullen moeten worden (typologie in kader van Kaderrichtlijn Water). Voor verzilting buiten het studiegebied wordt een groter gewicht voorgesteld dan voor verzilting binnen het studiegebied omdat plannen bestaan het gebied als natuurgebied te ontwikkelen, verzilting kan in dat gebied zelfs een meerwaarde betekenen voor de natuurontwikkeling.

De totale gewichtenset wordt in Tabel 4-14 weergegeven.

Tabel 4-14: gewichtenset voor de impact op grondwater

| Hoofdcriterium-groep | Criteria | Gewicht hoofdcriterium-groepen | Gewicht criteria |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Impact op bodem en water | | 1,000 | |
| | Verzilting binnen het Studiegebied | | 0.225 |
| | Verzilting buiten het studiegebied | | 0.525 |
| | Stijging van het grondwater | | 0,250 |

4.5.2.3. Criteria m.b.t. impact op landschap

Impact op landschappelijke structuur:0,380

Impact op archeologie:0,240

Impact op landschapsvisuele waarden en beleving:0,380

Argumentatie voor de weging: impact op de landschappelijke structuur en impact op landschapsvisuele waarden en beleving moeten een gelijk gewicht krijgen. De impact op archeologie heeft een kleiner belang in de uiteindelijke afweging.

De totale gewichtenset wordt in Tabel 4-15 weergegeven.

Tabel 4-15: gewichtenset voor de impact op landschap

| Hoofdcriterium-groep | Criteria | Gewicht hoofdcriterium-groepen | Gewicht criteria |
|----------------------|---|--------------------------------|------------------|
| Impact op landschap | | 1,000 | |
| | Impact op landschappelijke structuur | | 0,380 |
| | Impact op archeologie | | 0,240 |
| | Impact op landschapsvisuele waarden en beleving | | 0,380 |

4.5.2.4. Gewichten hoofdgroepen (integratie)

Om een integratie van de resultaten van de verschillende deel-evaluaties mogelijk te maken, moeten gewichten gegeven worden aan de criteriumgroepen. Deze gewichten geven weer wat het belang is van de verschillende gevolgen van het herinrichten van het gebied.

Het toekennen van gewichten aan de hoofdgroepen geven een beleidskeuze weer (meer aandacht aan natuur dan aan bodem en water of aan landschap of omgekeerd). Omdat die keuze dus gemaakt moet worden door de beleidsmakers wordt in eerste instantie gewerkt met gelijke gewichten per criteriumgroep (basisresultaat). In de gevoeligheidsanalyse wordt dan nagegaan in hoeverre het eindresultaat afhankelijk is van deze gewichten en worden verschillende 'visies' doorgerekend.

De totale gewichtentabel wordt weergegeven in Tabel 4-16.

Tabel 4-16: totale geïntegreerde gewichtenset MCA-Analyse) Hemmepolder

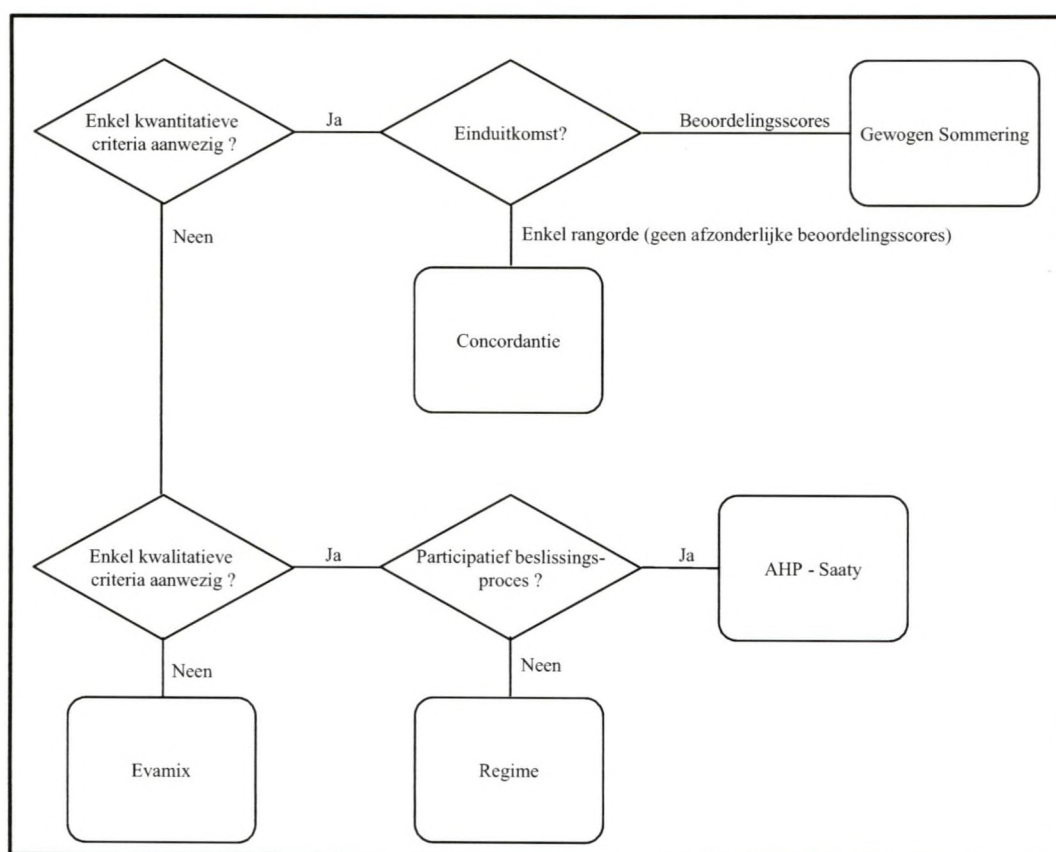
| Hoofdcriterium groep | Criteriumgroep | Criteria | Gewicht hoofd-criterium-groepen | Gewicht criterium-groep | Gewicht Criteria | Resulterende gewichten |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|------------------------|
| Natuur | Gebiedsspecifieke Biodiversiteit | Soortenrijkdom habitats | 0,33 | 0,600 | 0,300 | 0,060 |
| | | Zeldzaamheid soorten | | | 0,150 | 0,030 |
| | | Zeldzaamheid habitats | | | 0,150 | 0,030 |
| | | Specificiteit van soorten | | | 0,300 | 0,060 |
| | | Diversiteit avifauna | | | 0,100 | 0,020 |
| | | Diversiteit vissen | | | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | |
| | Spontaneïteit | | | 0,200 | | 0,067 |
| | Historiciteit | | | 0,100 | | 0,033 |
| | Aansluiting bij beleid | | | 0,100 | | |
| | | Habitats uit habitatrichtlijn | | | 0,600 | 0,020 |
| | | Vogels uit vogelrichtlijn | | | 0,400 | 0,013 |
| | | | | | | |
| Impact op bodem en water | | | 0,33 | | | |
| | | Verziltting binnen het Studiegebied | | | 0,225 | 0,075 |
| | | Verziltting buiten het studiegebied | | | 0,525 | 0,175 |
| | | Stijging van het grondwater | | | 0,250 | 0,083 |

| | | | | | | |
|---|--|--|------|--|-------|-------|
| Impact op landschap en landschapsbeleving | | | 0,33 | | | |
| | | Impact op landschappelijke structuur | | | 0,380 | 0,127 |
| | | Impact op archeologie | | | 0,240 | 0,080 |
| | | Impact op landschapsvisuele waarden en beleving | | | 0,380 | 0,127 |

4.5.3. Methode voor aggregatie

Om een keuze te kunnen maken inzaker de meest geschikte methode wordt volgend beslissingsschema gebruikt (Figuur 4-4).

Belangrijk bij de keuze is de aard van de criteria. Wanneer (ook) kwalitatieve scores worden gebruikt zijn volgende methoden nog geschikt: Evamix, Regime en AHP. Een participatief beslissingsproces werd zowiezo niet beoogd zodat de AHP-methode van Saaty uitgesloten wordt. Nadeel van werken met de Regime methode is dat niet op een eenduidige manier de gewichten kunnen voor de criteria kunnen worden bepaald (enkel volgorden van belangrijkheid van criteria). Om eventueel in een latere fase het kostencriterium terug te kunnen inbrengen (kwantitatief) moet de methode geschikt zijn voor een combinatie van kwantitatief en kwalitatieve scores. De methode Evamix lijkt ons daarom het meest geschikt.



Figuur 4-4: Beslissingsschema voor keuze van de meest geschikte methode voor de MCA

De methode Evamix voorziet drie stappen in de aggregatie van de scores:

1. Een aggregatie van de kwalitatieve scores;
2. Een aggregatie van de kwantitatieve scores; en
3. Een aggregatie van de kwalitatieve en de kwantitatieve eindscore.

Voor een beschrijving van hoe de aggregatie gebeurt, wordt verwezen naar Bijlage 1. De uitkomst van de aggregatie van de scores is een volgorde van de alternatieven (scenario's voor

natuurinrichting van het gebied) evenals een aanduiding van de relatieve afstand tussen de verschillende alternatieven.

Een gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd om de analyseresultaten te toetsen op robuustheid m.b.t. gewichten (en eventueel scores).

Verschiedende analyses kunnen worden uitgevoerd:

- Gevoeligheid van de einduitkomst voor de gewichten van de hoofdcriteria groepen (of subdoelstellingen);
- Bepalen van de gewichtenset waarbij het beste alternatief (basisresultaat) minder goed scoort dan een ander alternatief; en
- Bepalen van de invloed van onzekerheid over scores op de einduitkomst.

Pas na het uitvoeren van de gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses kan een advies gegeven over het 'beste' alternatief voor de natuurinrichting van het projectgebied.

In onderstaande paragrafen wordt voor elk van de afwegingen de resultaten beknopt besproken. Na de afwegingen per hoofdcriteriumgroep (natuur, impact op bodem en water, impact op landschap en kosten) wordt de integratie van deze resultaten besproken. Telkens wordt eerst het basisresultaat besproken, daarna de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses.

Belangrijk is te onthouden dat in de figuren die de resultaten weergeven geen aandacht geschonken mag worden aan de absolute eindscores van de inrichtingsvarianten. Daarom worden in de figuren ook geen getallen weergegeven. Uit de figuren is niet enkel de volgorde af te leiden, maar ook de grootte van het verschil tussen de verschillende scenario's en inrichtingsvarianten.

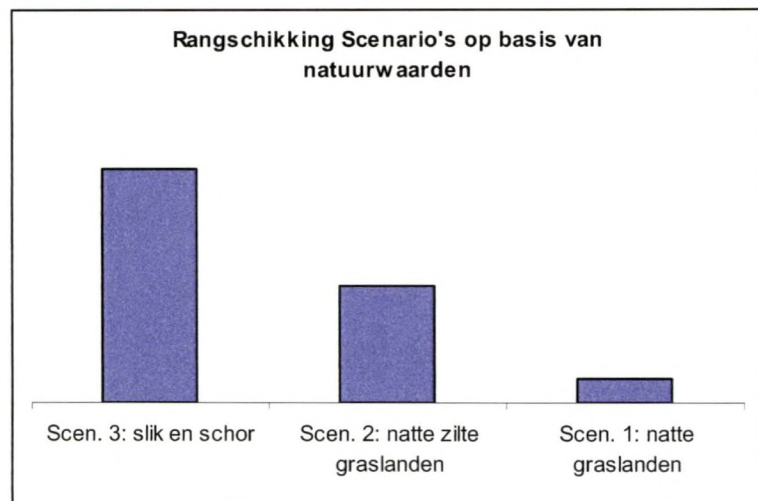
4.5.4. Aggregatie van scores: Vergelijking op niveau van de inrichtingsscenario's

4.5.4.1. Evaluatie op basis van natuurwaarden

Er werd enerzijds een afweging gemaakt met de basisgewichtenset (zie paragraaf 4.5.2), anderzijds werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de gewichten met als doel na te gaan hoe de gewichten veranderd moeten worden om de uitkomst te veranderen (i.e. nagaan van robuustheid van de resultaten).

Basisresultaat

Figuur 4-6 geeft de rangschikking weer van de vergelijking van de 3 inrichtingsscenario's m.b.v. de basisgewichtenset. Het scenario "slik en schor" (scenario 3) scoort duidelijk beter dan de andere 2 scenario's voor wat betreft de potentialiteit voor hoge natuurwaarden. De habitats die gecreëerd worden zijn zeldzaam evenals de soorten die erin voorkomen. Ook op het criterium "specificiteit van soorten" en op aansluiting bij het beleid (habitats uit Habitatrichtlijn en Vogels uit Vogelrichtlijn) scoort dit scenario beter dan de andere scenario's.



Figuur 4-6: Rangschikking scenario's op basis van natuurwaarden

Gevoeligheidsanalyse

In de gevoeligheidsanalyse werd gezocht naar een gewichtenset (enkel de gewichten van de criteriagroepen, i.e. gebiedsspecifieke biodiversiteit, spontaneïteit, historiciteit en aansluiting bij het beleid, kunnen variëren) waarbij het scenario dat in het basisresultaat het best scoort, niet meer op de eerste plaats staat in de rangschikking. Voor de evaluatie op basis van de natuurwaarden wordt geen gewichtenset gevonden waarbij scenario 3 niet als beste scoort. Dit is begrijpelijk wanneer naar de scoretabel wordt gekeken (Tabel 4-8). Enkel voor de criteria "Soortenrijkdom habitats" en "Diversiteit avifauna" scoort dit scenario immers minder goed dan (één van) de andere scenario's.

De einduitkomst zoals voorgesteld in Figuur 4-6 blijkt dus een zeer robuust resultaat te zijn.

Besluit

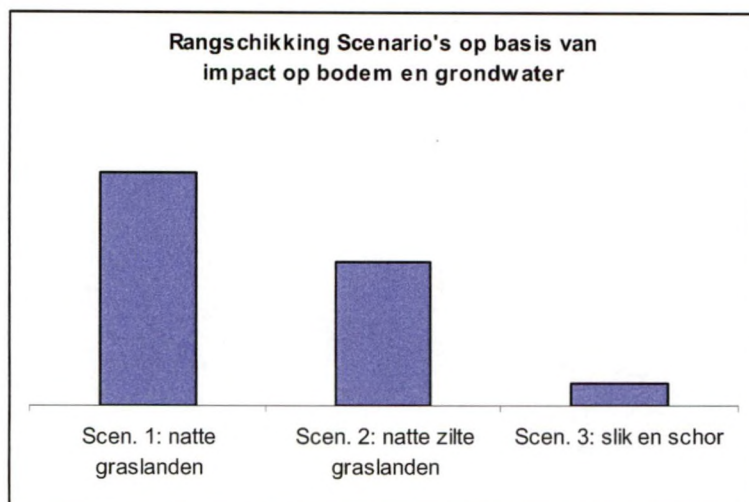
Het ontwikkelen van een slikken- en schorrengebied is vanuit het oogpunt van het creëren van de meest interessante natuurwaarden het beste inrichtingsscenario.

4.5.4.2. Evaluatie op basis van impact op bodem en grondwater

Basisresultaat

De resultaten van de afweging met de basisgewichtenset uit tabel Tabel 4-14 worden weergegeven in Figuur 4-8.

Voor wat betreft impact op bodem en water scoort het scenario 1 waarin natte zoete graslanden worden beoogd beter dan scenario 2 (natte zilte graslanden) en beter dan scenario 3 (creëren van slikken en schorren). Het verzilten van het grondwater wordt sterk negatief geëvalueerd vooral. In het afgebakende gebied ligt immers een deel van een zoetwaterlichaam. In het kader van de Kaderrichtlijn Water wordt een typologie opgemaakt voor grondwater, waarin dit zoetwaterlichaam beschermd zal worden. Door verzilting scoren scenario's 2 en 3 op dit criterium (verzilting binnen projectgebied) heel wat minder goed dan scenario 1.



Figuur 4-8: Rangschikking van de scenario's op basis van de impact op bodem en grondwater

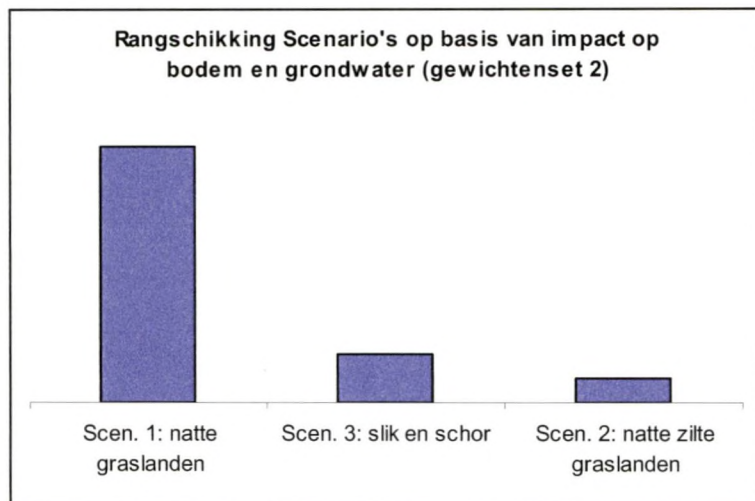
Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse test of door het schuiven met de gewichten van de 3 in beschouwing genomen criteria een andere rangschikking wordt bekomen. Ook in het geval van de vergelijking van de scenario's op basis van impact op bodem en water is er geen gewichtenset waarbij scenario 2 of scenario 3 beter scoort dan scenario 1. Bij een toekennen van 100 % van het gewicht aan het criterium "verzilting buiten het studiegebied" en dus het niet meenemen van de criteria "verzilting binnen het studiegebied" en "stijging van het grondwater" scoren scenario 1 en scenario 2 even hoog (identieke score).

Bij een hoger gewicht aan het criterium "stijging van het grondwater" ten koste van de andere 2 criteria verwisselen scenario 2 en scenario 3 van wel van plaats. Het verschil met scenario 1 blijft echter zeer groot.

Figuur 4-10 geeft de rangschikking weer bij volgende gewichtenset:

- Verzilting binnen het projectgebied: 0,200
- Verzilting buiten het projectgebied: 0,200
- Stijging van het grondwater: 0,600



Figuur 4-10: Rangschikking van de scenario's op basis van impact op bodem en grondwater (gewicht criterium "stijging van grondwater" = 0,600)

Besluit

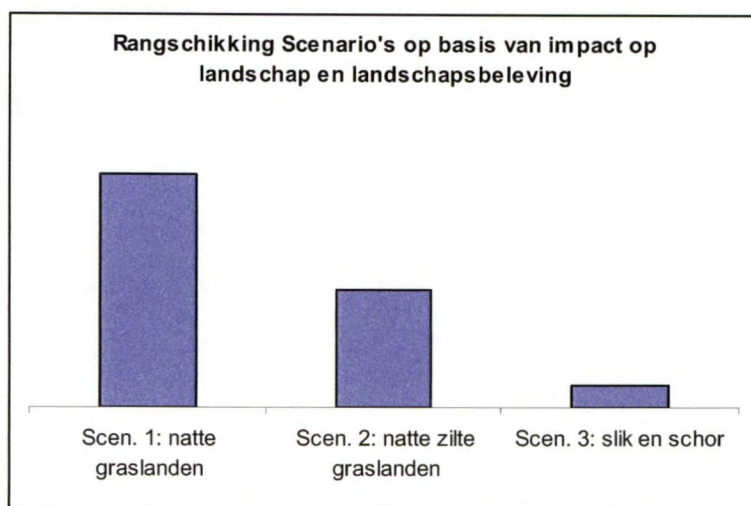
Vanuit het oogpunt van impact op bodem en grondwater is scenario 1 (natte graslanden) te verkiezen voor herinrichting van de Hemmepolder. Scenario 3 (slikken en schorren) scoort het minst goed, tenzij een zeer hoog gewicht wordt gegeven aan de stijging van het grondwater.

4.5.4.3. Evaluatie op basis van impact op landschap en landschapsbeleving

Basisresultaat

De rangschikking van de 3 inrichtingsscenario's op basis van de impact op landschap en landschapsbeleving is weergegeven in Figuur 4-12. Zoals wanneer de impact op bodem en grondwater wordt beschouwd, scoort het eerste scenario (natte graslanden) het best wanneer enkel wordt gekeken naar impact op landschap en landschapsbeleving en scoort het derde scenario (slikken en schorren) het minst goed. Hoewel miniem, is het verschil tussen scenario 1 en scenario 2 bij impact op landschap en landschapsbeleving iets groter dan bij impact op bodem en grondwater.

Zowel voor impact op landschappelijke structuur als voor impact op archeologie scoort het eerste scenario beter dan de andere twee als gevolg van het feit dat het scenario minder ingrijpend is.

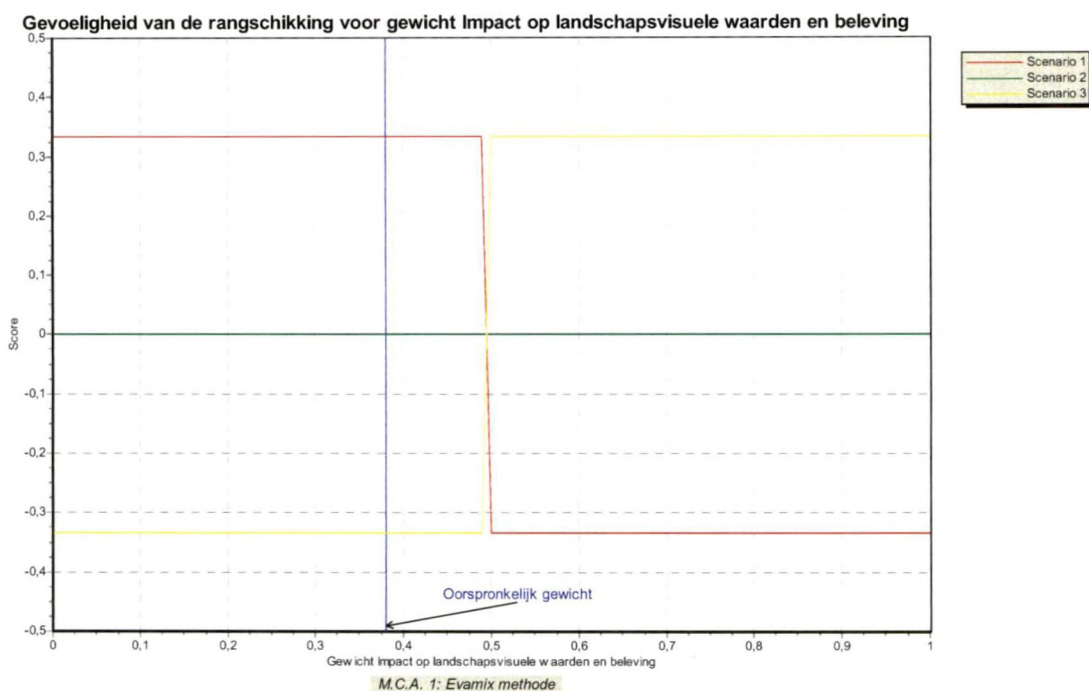


Figuur 4-12: Rangschikking van de scenario's op basis van de impact op landschap en landschapsbeleving

Gevoeligheidsanalyse

In tegenstelling tot de evaluatie van de scenario's op basis van natuurwaarden en op basis van impact op bodem en grondwater, is het in het geval van de evaluatie op basis van impact op landschap en landschapsbeleving wel het geval dat de rangschikking (en de eerste positie in de rangschikking) afhankelijk is van de gegeven gewichten. Bij veranderende gewichten scoort scenario 1 niet meer beter dan de andere scenario's. Indien het gewicht voor het criterium "landschapsvisuele waarden en beleving" stijgt ten koste van de gewichten van de andere twee criteria scoort scenario 3 (schor en slik) beter dan scenario 2 en scoort scenario 1 het minst goed.

De gevoeligheidsanalyse voor het criterium "impact op landschapsvisuele waarden en beleving" wordt weergegeven in Figuur 4-14. Omdat met volgorden gewerkt wordt is er bij stijging van het gewicht van dit criterium een bruske overgang van de volgorde rond het gewicht 0,500.



Figuur 4-14: Gevoeligheidsanalyse voor het gewicht van het criterium "impact op landschapsvisuele waarden en beleving"

Besluit

Bij gelijke gewichten voor de criteria "impact op landschappelijke structuur" en "impact op landschapsvisuele waarden en beleving", en een kleiner gewicht voor het criterium "impact op archeologie" scoort scenario 1 (natte graslanden) best. Indien echter een verhoogd gewicht wordt gegeven aan het criterium "landschapsvisuele waarden en beleving" scoort scenario 3 (schor en slik) best.

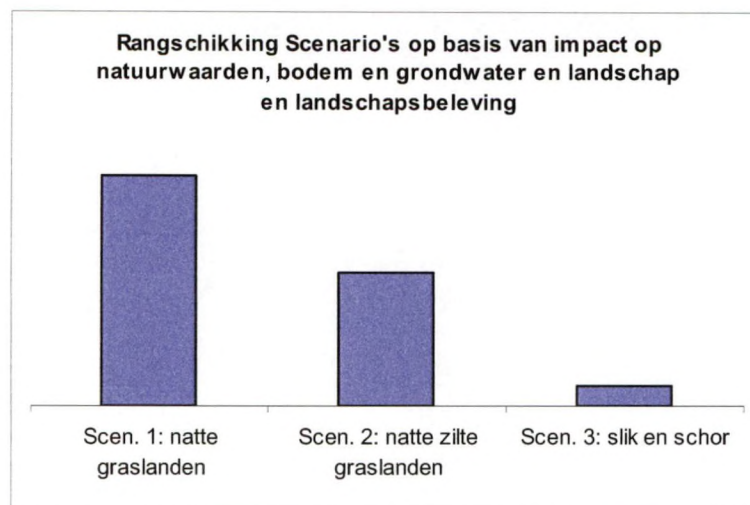
4.5.4.4. Geïntegreerde evaluatie

Niet alleen de rangschikking op basis van de impactgroepen (natuurwaarden, bodem en grondwater, landschap en landschapsbeleving) apart is van belang, ook een integratie van de drie aparte rangschikkingen is interessant, temeer omdat een verschillende rangorde wordt verkregen in de aparte rangschikkingen. Het basisresultaat wordt berekend op basis van gelijke gewichten voor elk van de impactgroepen. In de gevoeligheidsanalyse wordt nagegaan hoe de gewichten moeten veranderen om ook het eindresultaat (de eindrangschikking te veranderen).

Basisresultaat

Figuur 4-16 geeft de rangorde weer indien een gelijk belang wordt gehecht aan de impactgroep natuurwaarden, de impactgroep bodem en water en de impactgroep landschap en landschapsbeleving.

Omdat zowel voor de impactgroep bodem en water als voor de impactgroep landschap en landschapsbeleving scenario 1 (natte graslanden) best scoort is het voor deze integrale afweging ook logisch dat dit scenario er als beste uit komt.



Figuur 4-16: Rangschikking van de scenario's (integrale afweging)

Gevoeligheidsanalyse

Interessant wordt het te kijken hoeveel gewicht de impactgroep "impact op natuurwaarden" moet krijgen om de volgorde van de integrale afweging te doen veranderen. Deze test werd gedaan tijdens het uitvoeren van de gevoeligheidsanalyse.

Om scenario 2 (natte zilte graslanden) op de eerste plaats te krijgen in de eindrangschikking is volgende gewichtenverdeling nodig:

- gewicht voor impactgroep natuurwaarden: 0,418
- gewicht voor impactgroep bodem en grondwater: 0,264
- gewicht voor impactgroep landschap en landschapsbeleving: 0,318

Dit wil zeggen dat vooral het gewicht voor de impactgroep bodem en grondwater moet dalen ten voordele van de impactgroep natuurwaarden.

De gewichtenset waarbij scenario 3 (schor en slik) als beste inrichtingsoptie uit de afweging naar voren komt wordt hieronder voorgesteld:

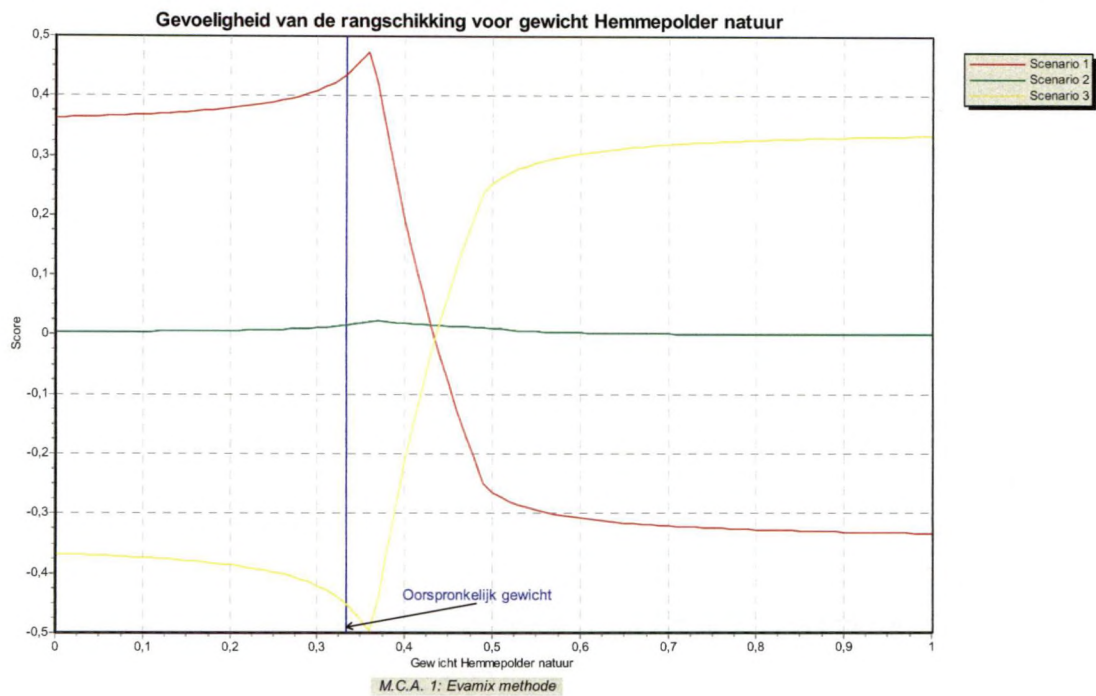
- gewicht voor impactgroep natuurwaarden: 0,417
- gewicht voor impactgroep bodem en grondwater: 0,243
- gewicht voor impactgroep landschap en landschapsbeleving: 0,340

Dit wil zeggen dat het gewicht voor natuurwaarden ongeveer even groot is als in de analyse om scenario 2 op de eerste plaats te zien, maar dat de impactgroep bodem en grondwater nog minder gewicht mag krijgen. Het gewicht van de impactgroep landschap en landschapsbeleving mag iets stijgen.

Deze gevoeligheidsanalyses willen zeggen dat de rangschikking zoals voorgesteld in het basisresultaat verandert vanaf het moment dat meer belang gehecht wordt aan de impact op de natuurwaarden (= hoofddoelstelling van de herinrichting van het gebied). Scenario 1 wordt op dat moment niet meer als beste naar voorgeschoven. Afhankelijk van het belang dat wordt gehecht aan de andere impactgroepen moet er dan gekozen worden tussen de inrichtingsscenario's 2 en 3.

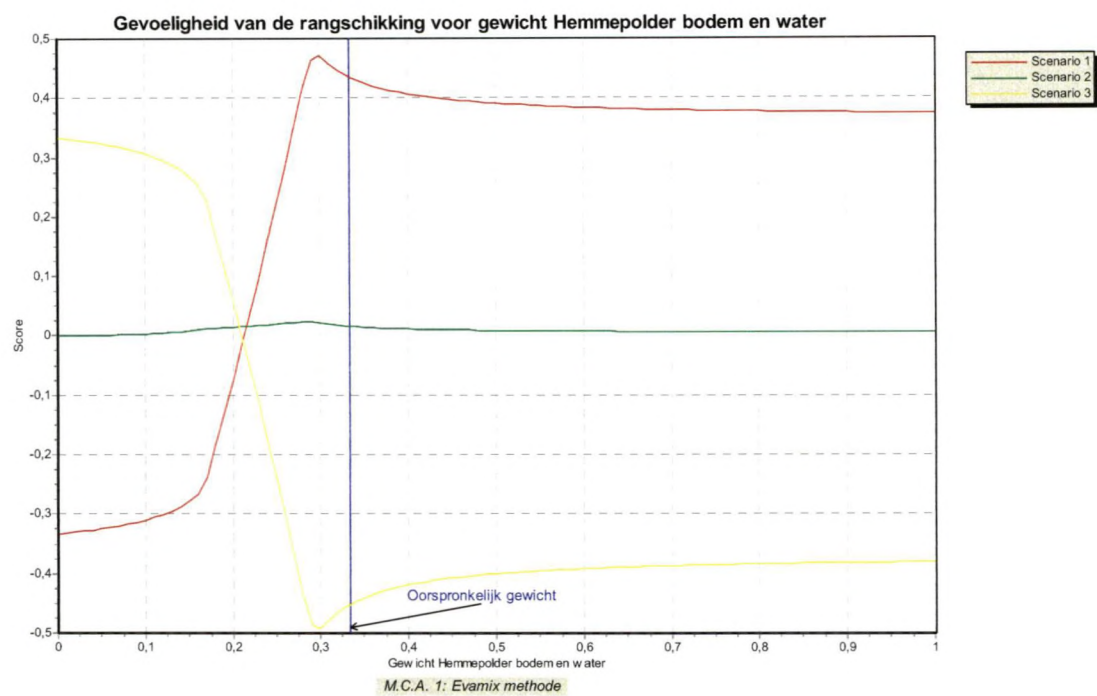
De gevoeligheidsanalyse voor het gewicht van de impactgroep natuurwaarden op de eindrangschikking wordt gegeven in Figuur 4-18. Het huidige gewicht wordt aangegeven door de verticale blauwe lijn. De horizontale gekleurde lijnen geven de posities aan van de scenario's bij veranderend gewicht voor de impactgroep natuurwaarden. In deze analyses daalt het gewicht van de andere impactgroepen evenredig met een stijging van het gewicht van de impactgroep waarop de gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd.

Uit deze figuur blijkt duidelijk dat indien het gewicht van de impactgroep natuurwaarden stijgt boven ongeveer 3,6 de positie van scenario 1 sterk begint te dalen en onder scenario 2 en scenario 3 terecht komt bij een gewicht voor deze impactgroep onder 0,500.

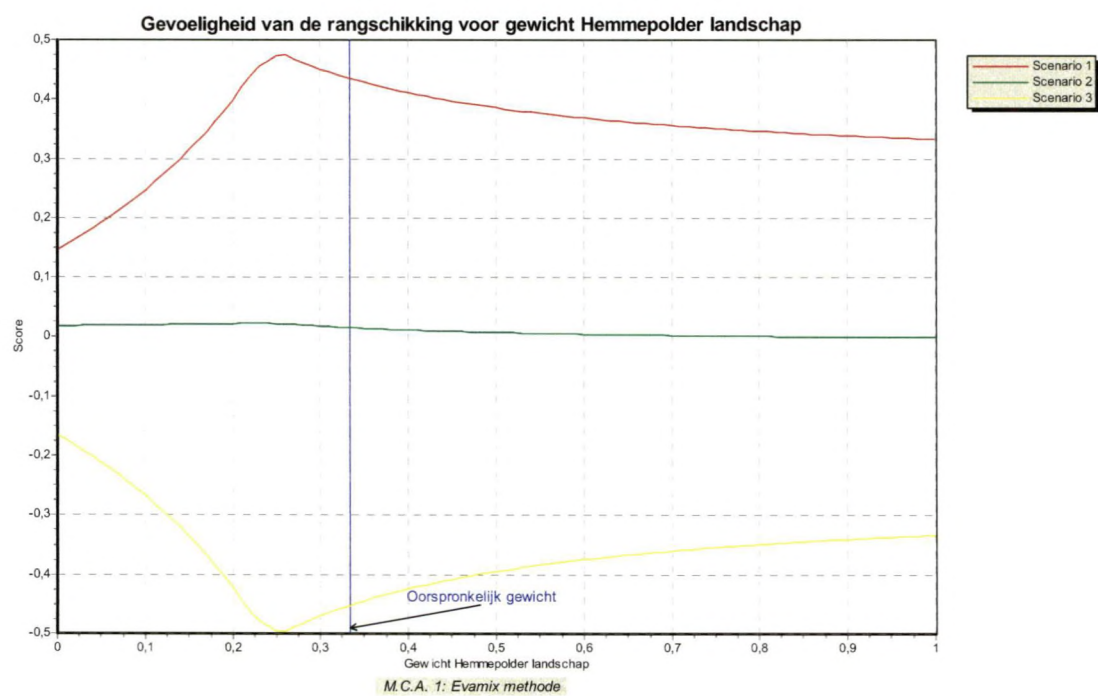


Figuur 4-18: Gevoeligheidsanalyse voor het gewicht van de impactgroep natuur bij rangschikking van de scenario's (geïntegreerde evaluatie)

De gevoeligheidsanalysen voor de andere impactgroepen worden weergegeven in Figuur 4-20 voor de impactgroep bodem en grondwater en in Figuur 4-22 voor de impactgroep landschap en landschapsbeleving.



Figuur 4-20: Gevoeligheidsanalyse voor het gewicht van de impactgroep bodem en grondwater bij rangschikking van de scenario's (geïntegreerde evaluatie)



Figuur 4-22: Gevoeligheidsanalyse voor het gewicht van de impactgroep landschap en landschapsbeleving bij rangschikking van de scenario's (geïntegreerde evaluatie)

Een daling van het gewicht voor de impactgroep bodem en grondwater doet de eindvolgorde veranderen. Het veranderen van het gewicht van de impactgroep landschap en landschapsbeleving (met als gevolg een tegenovergestelde verandering van de gewichten van de andere impactgroepen) heeft geen gevolg voor de eindrangschikking.

4.5.5. Aggregatie van scores: vergelijking van inrichtingsvarianten voor scenario 1

Scenario 1 is het scenario waarin natte graslanden worden gecreëerd. Dit gebeurt door binnendijs herstel van voormalige kreken en poldergraslanden met algemene vernatting en zonder bijkomende verzilting.

In deze paragraaf worden de inrichtingsvarianten voor het scenario 1 t.o.v. elkaar vergeleken. Zoals ook voor de vergelijking van de scenario's wordt eerst een vergelijking gemaakt van de varianten voor de impacten op natuurwaarden, bodem en grondwater en landschap en landschapsbeleving op zich waarna een integratie van deze resultaten wordt doorgevoerd.

Volgende varianten werden in vorige hoofdstukken besproken:

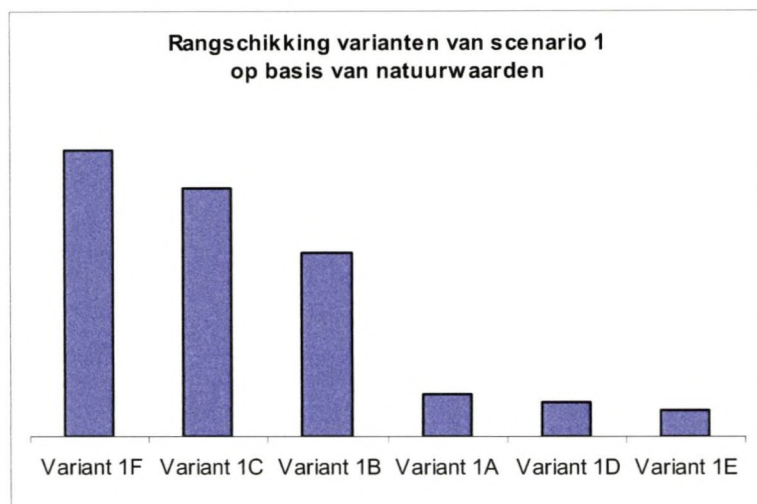
- variant 1A: opstuwing van het Geleed tot 3,70 m TAW
- variant 1B: afgraving oeverzone met behoud huidig peil van Geleed
- variant 1C: combinatie van maatregelen in variant 1A en variant 1B
- variant 1D: opstuwing van het grondwater door plaatsing van een ondoorlaatbare wand van 10 m
- variant 1E: opstuwing van het grondwater door plaatsing van een ondoorlaatbare wand over de hele diepte van het kwartair (24 m)
- variant 1F: afgraven van de toplaag van het projectgebied over een diepte van 60 cm.

4.5.5.1. Evaluatie op basis van natuurwaarden

Scenario 1 scoorde in vergelijking met de andere voorgestelde scenario's voor herinrichting van de Hemmepolder minder goed m.b.t. natuurwaarden. Naargelang de inrichtingsvariant zijn echter nog verschillen op te merken.

De variant waarbij het hele projectgebied met 60 cm wordt afgegraven (variant 1F) scoort voor natuurwaarden het best binnen het scenario natte graslanden (Figuur 4-24). Men verwacht dat de soortenrijkdom in deze variant het grootst is van de bestudeerde varianten voor scenario 1. Het verschil tussen de varianten 1A, 1D en 1E (= varianten zonder afgraving) is zeer klein. Er wordt, ondanks de ingrepen, nauwelijks grondwatergebonden natuur gerealiseerd. Er wordt dus niet aan de doelstellingen van het inrichtingsscenario voldaan. De varianten 1B en 1C (waar een gedeeltelijke afgraving van het gebied wordt voorzien) scoren duidelijk beter dan de varianten zonder afgraving. Daarbij wordt ook duidelijk dat de combinatie van de maatregelen van variant 1B en variant 1A (die samen variant 1C vormen) beter zullen zijn voor de natuurwaarden dan wanneer de maatregelen apart worden genomen.

De bekomen rangschikking is ongevoelig voor de gewichten die gegeven worden aan de verschillende criteriumgroepen binnen de impactgroep natuurwaarden. Variant 1F scoort immers op elk van de criteria (met uitz. van het criterium "diversiteit van vissen") beter dan de andere inrichtingsvarianten.

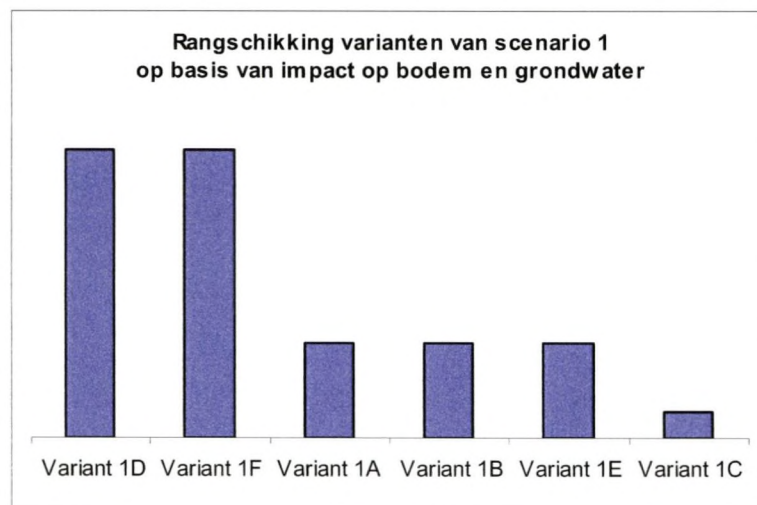


Figuur 4-24: Rangschikking van de varianten van scenario 1 op basis van natuurwaarden

4.5.5.2. Evaluatie op basis van impact op bodem en water

De verschillende varianten van inrichtingsscenario 1 scoren gelijk voor de criteria inzake verzilting (binnen en buiten het projectgebied). Ze kunnen dus enkel worden onderscheiden op basis van het effect op de stijging van het grondwater.

Wanneer naar de impact op bodem en grondwater wordt gekeken, scoren varianten 1D en 1F beter dan de andere inrichtingsvarianten binnen scenario 1 (Figuur 4-26). Stijging van het grondwater buiten het projectgebied treedt in deze varianten niet op of heeft nauwelijks effect.



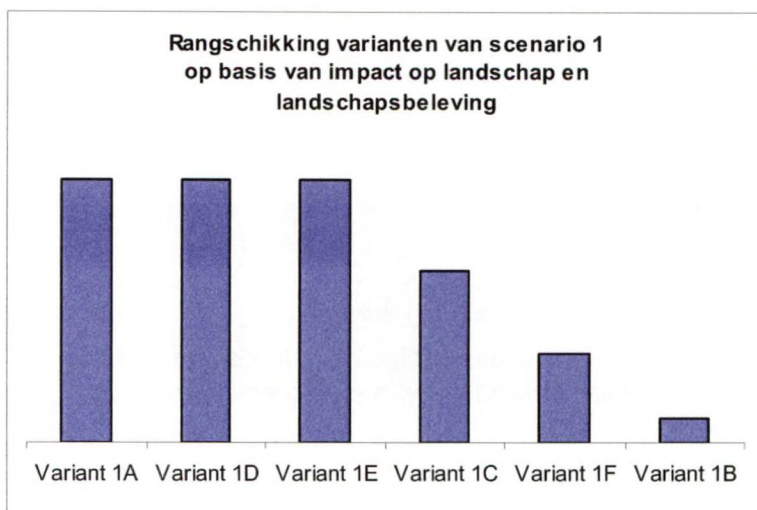
Figuur 4-26: Rangschikking van de varianten van scenario 1 op basis van impact op bodem en water

Indien men geen belang hecht aan de stijging van het grondwater scoren alle varianten van het eerste inrichtingsscenario dus gelijk voor wat betreft de impact op bodem en grondwater.

4.5.5.3. *Evaluatie op basis van impact op landschap en landschapsbeleving*

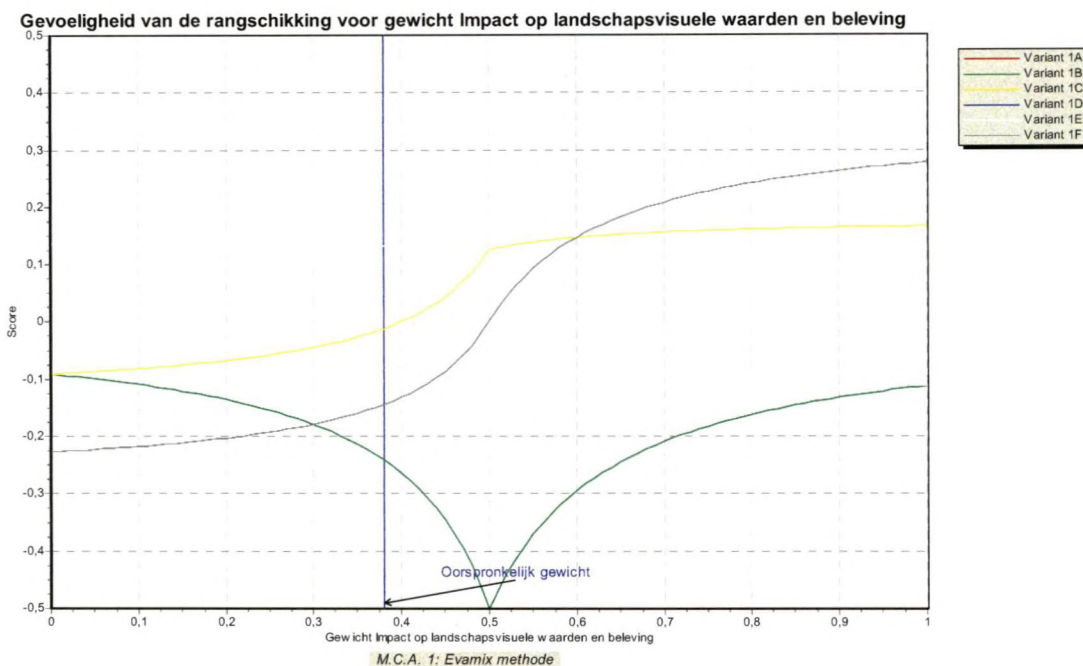
De varianten die inzake impact op landschappelijke structuur en impact op archeologie best scoren (varianten 1A, 1D en 1E – varianten zonder afgraving) scoren het minst goed m.b.t. landschappelijke beleving. In deze inrichtingsvarianten verandert er nauwelijks iets aan de huidige landschappelijke situatie zodat de impact zeer klein is. Er vindt dan echter ook geen verbetering plaats in landschapsvisuele beleving.

De rangschikking van de varianten op basis van de 3 in beschouwing genomen criteria wordt gegeven in Figuur 4-28.



Figuur 4-28: Rangschikking van de varianten van scenario 1 op basis van impact op landschap en landschapsbeleving

Het gewicht voor het criterium landschappelijke beleving moet stijgen tot 0,500 zodat variant 1C (afgraven oeverzone + opstuwing Geleed) beter wordt dan deze drie varianten, en tot 0,600 opdat variant 1F (afgraving totale oppervlakte voor 60 cm) best scoort voor de impact op landschap en landschapsbeleving (Figuur 4-30).

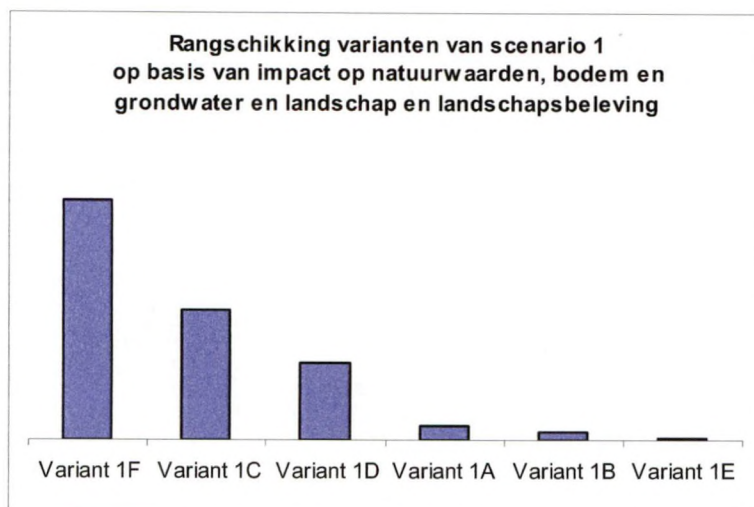


Figuur 4-30: Gevoeligheidsanalyse voor het gewicht van het criterium Impact op landschap en landschapsbeleving op de volgorde in de rangschikking van de inrichtingsvarianten voor scenario 1

4.5.5.4. Geïntegreerde evaluatie varianten scenario 1

In eerste instantie wordt bij de geïntegreerde evaluatie een gelijk gewicht gegeven aan elk van de drie impactgroepen. De inrichtingsvariant 1F (afgraving totale oppervlakte voor 60 cm) scoort in deze geïntegreerde evaluatie duidelijk beter dan elk van de andere varianten (Figuur 4-32).

Variant 1E, waarin voorzien is dat een ondoorlaatbare wand wordt geplaatst over de hele diepte van het kwartair (i.e. 24 m diep) scoort het minst goed.



Figuur 4-32: Rangschikking van de varianten van scenario 1 (geïntegreerde evaluatie)

Variant 1F wordt vervangen door variant 1D op de eerste plaats van de rangschikking indien het gewicht van de impactgroep natuurwaarden sterk naar beneden wordt gehaald en het gewicht van de impact op landschap wordt verhoogd. Hieronder wordt de gewichtenset gegeven waarbij variant 1D net even goed scoort als variant 1F:

- impactgroep natuurwaarden: 0,194
- impactgroep bodem en grondwater: 0,372
- impactgroep landschap en landschapsbeleving: 0,435

De natuurwaarden van het gebied verhogen echter niet bij de inrichtingsvariant 1D. Dit is ook het geval voor variant 1A en variant 1E. We moeten dus niet op zoek gaan naar een gewichtenset waarbij variant 1A of variant 1E eerst staat in de rangschikking. Anders is het voor de varianten 1B en 1C.

Er bestaat geen gewichtenset waarbij variant 1B beter scoort of minstens even goed dan alle andere. Voor variant 1C bestaat deze gewichtenset wel:

- impactgroep natuurwaarden: 0,328
- impactgroep bodem en grondwater: 0,128
- impactgroep landschap en landschapsbeleving: 0,534

Er moet vooral veel gewicht worden gegeven aan de impactgroep landschap en landschapsbeleving en weinig gewicht aan de impactgroep bodem en grondwater.

4.5.5.5. Kosten

Naast de impact op de natuurwaarden, de impact op bodem en grondwater en de impact op landschap en landschapsbeleving is ook de kost voor de aanleg een belangrijk beslissingscriterium. Een schatting voor de inrichtingskosten wordt hieronder gegeven:

- Variant 1A: 273.295 €
- Variant 1B: 421.794 €
- Variant 1C: 513.295 €
- Variant 1D: 661.795 €
- Variant 1E: 11.701.795 €
- Variant 1F: 1.625.795 €

Variant 1E springt in het oog omwille van de hoge kostprijs voor aanleg. Deze hoge kosten zijn het gevolg van het moeten aanleggen van een ondoorlaatbare wand tot een diepte van 24 m. De volgorde van de andere varianten is als volgt: variant 1A < variant 1B < variant 1C < variant 1D < variant 1F. Het volledig afgraven van het gebied met 60 cm (variant 1F) om grondwatergebonden natuur te kunnen creëren is dus ook een zeer dure oplossing (hoewel nog vele malen goedkoper dan het aanleggen van de diepe ondoorlaatbare wand).

4.5.5.6. Besluit voor scenario 1

Indien geen rekening wordt gehouden met kosten van aanleg komt inrichtingsvariant 1F (volledige afgraving) naar voren als de meest optimale variant – grootste natuurwaarden, beperkte impact op bodem en water en positieve impact op landschapsbeleving. Enkel de impact op landschappelijke structuur en op archeologie moeten worden vermeld. Het is echter ook een kostelijke variant.

Een goedkopere variant die toch ook grote natuurwaarden creëert is de inrichtingsvariant 1C (combinatie beperkte afgraving – opstuwing van Geleed). Ook de impact op landschap en landschapsbeleving is voor deze variant slechts klein. De enige vermeldenswaardige impact van deze variant is de mogelijk sterke stijging van het grondwater buiten het projectgebied (met gevolgen voor landbouw, enzovoort).

4.5.6. Aggregatie van scores: vergelijking van de inrichtingsvarianten voor scenario 2

In scenario 2 worden zilte graslanden beoogd. Door gecontroleerde infiltratie of aanvoer van zout water uit de kreek van Lombardsijde worden poldergraslanden die plaatselijk vernat zijn en typisch voor zilte situaties.

In deze paragraaf worden de twee inrichtingsvarianten voor scenario 2 met elkaar vergeleken op basis van elk van de 3 impactgroepen en tot slot geïntegreerd over de impactgroepen. De varianten houden volgende maatregelen in:

- variant 2A: inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4,45 m TAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 4,00 m TAW ligt onder water komt. Maatregel: lokale verlaging van de dijk ter hoogte van het Pieter Sas.

- variant 2B: inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4,45 m TAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 3,50 m TAW ligt onder water komt. Maatregel: terrein dat in variant 2A met meer dan 20 cm onder water staat wordt afgegraven tot 3,50 m TAW.

Voor scenario 2 is het echter moeilijk voor vele criteria om onderscheid te maken tussen de twee inrichtingsvarianten. Zowel de soortenrijkdom als de zeldzaamheid van de habitats en soorten zullen beide varianten ongeveer gelijk scoren. Variant 2B scoort echter iets beter dan variant 2A m.b.t. historiciteit. Variant 2B sluit ook iets beter aan bij het beleid. Vanuit het oogpunt van het creëren van natuurwaarden is variant 2B dus te prefereren boven variant 2A, al is het verschil zeer klein.

De impact op bodem en grondwater is hetzelfde voor beide inrichtingsvarianten. Er treedt verzilting op binnen het projectgebied, niet buiten het projectgebied. Er treedt wel een belangrijke stijging op in het grondwater.

In de impactgroep "landschap en landschapsbeleving" kan er enkel onderscheid gemaakt worden tussen beide inrichtingsvarianten op het criterium "impact op landschapsvisuele waarden beleving". Variant 2B scoort hierbij net beter dan variant 2A.

Omdat er geen criterium is waarop inrichtingsvariant 2A beter scoort dan inrichtingsvariant 2B is het duidelijk dat inrichtingsvariant 2B over het algemeen te verkiezen boven inrichtingsvariant 2A.

De inrichtingskost voor inrichtingsvariant 2B is echter bijna 3 maal zo groot als voor inrichtingsvariant 2A:

- kost inrichtingsvariant 2A: 292.720 €
- kost inrichtingsvariant 2B: 858.024 €

Op basis van de kost voor inrichting kan daarom uiteindelijk toch de keuze gemaakt worden voor inrichtingsvariant 2A, vooral omdat de verschillen naar natuurwaarden, impact op bodem en grondwater en naar landschap en landschapsbeleving toe uiteindelijk toch vrij klein zijn.

4.5.7. Aggregatie van scores: vergelijking van de inrichtingsvarianten voor scenario 3

In het scenario 3 wordt het gebied ontpolderd en worden zo door de onderwerping aan de getijdewerking slikken en schorren gecreëerd.

Twee inrichtingsvarianten werden voorgesteld:

- variant 3A: opening van de huidige Piete Sas op 2,65 m TAW over de volledige hoogte van de dijk. De breedte van het Piete Sas wordt behouden
- variant 3B: verwijderen van een deel van de zeewerende dijk.

Vanuit het oogpunt van het creëren van waardevolle natuurwaarden is het onderscheid van beide varianten miniem, zij het dat middels variant 3B de spontaneïteit en de historiciteit van de gecreëerde natuur iets hoger zal zijn. Vanuit dit standpunt zou variant 3B dus licht te verkiezen zijn boven variant 3A.

Voor wat betreft de impact op bodem en water echter kan het omgekeerde worden gezegd. De impact die variant 3A heeft op de verzilting van het water binnen en buiten het projectgebied is iets kleiner dan bij variant B.

Variant 3A tenslotte heeft een kleinere impact op de landschappelijke structuur en op archeologie dan variant 3B. Variant 3B daarentegen heeft meer potenties voor de landschapsvisuele waarden en beleving. Het gewicht van dit laatste criterium weegt echter niet op tegen het gewicht van de 2 eerste criteria, zodat variant 3A voor de impactgroep landschap en landschapsbeleving beter scoort dan variant 3B.

In de integrale afweging van de twee inrichtingsvarianten voor scenario 3 scoort variant 3A beter indien aan elk van de impactgroepen een gelijk gewicht wordt gegeven. De volgorde verandert wanneer de impactgroep natuurwaarden een gewicht krijgt van 0,561. De gewichtenset is dan als volgt:

- | | |
|--|-------|
| • impactgroep natuurwaarden: | 0,561 |
| • impactgroep bodem en grondwater: | 0,124 |
| • impactgroep landschap en landschapsbeleving: | 0,315 |

De verschillen in natuurwaarden tussen beide inrichtingsvarianten zijn echter niet zo groot als de verschillen in natuurwaarden die gecreëerd worden tussen de verschillende scenario's. De natuurwaarden van variant 3B zijn nog steeds groter dan die in scenario's 1 of 2.

De kostprijs van inrichting tussen beide scenario's is ook belangrijk voor het maken van een keuze:

- kost inrichtingsvariant 3A: 496.130 €
- kost inrichtingsvariant 3B: 1.601.455 €

De kost van inrichtingsscenario 3 ligt hoger dan die van inrichtingsscenario 2.

4.5.8. Besluit

In bovenstaande paragrafen werd een rangschikking opgemaakt om de keuze van enerzijds het inrichtingsscenario en anderzijds de inrichtingsvariant te onderbouwen. In eerste fase zijn de natuurinrichtingsscenario's met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat scenario 3: "slikke en schorre" het beste scoort voor het scenario 2: "Natte Zilte Graslanden". Scenario 1 : "Zoete Natte Graslanden" scoort het minst goed.

In een tweede fase zijn de varianten binnen de scenario's onderling vergeleken.

De inrichtingsvarianten voor de scenario's 2 en 3 liggen zeer dicht bij elkaar voor wat betreft de verschillende impactgroepen. De kosten verschillen echter substantieel, waarbij telkens de inrichtingsvariant B heel wat duurder is dan de inrichtingsvariant A.

Indien gekozen wordt voor het eerste inrichtingsscenario "zoete natte graslanden" is de inrichtingsvariant 1F te verkiezen. Deze inrichtingsvariant is wel vrij kostelijk. Een goed alternatief kan inrichtingsvariant 1C zijn.

Wanneer een integratie van de verschillende hoofddoelgroepen wordt gerealiseerd hangt de rangschikking af van het belang dat men hecht aan de verschillende hoofddoelstellingen.

Is het creëren van de waardevolste natuurwaarden de hoofddoelstelling en wil men daarnaast de impacts op bodem en water en de impact op landschap zo klein mogelijk houden kan men kiezen voor scenario 2 of zelfs voor scenario 3. Deze twee scenario's liggen in de integrale afweging vrij dicht bij elkaar. De gevoeligheidsanalyse heeft uitgewezen dat scenario 2 steeds op de 2^{de} plaats

eindigt bij het veranderen van de gewichten van de hoofddoelgroepen. De negatieve impact van de stijging van het grondwater is klein. In de zomer kan het grondwater gemiddeld met 30 cm buiten het projectgebied stijgen maar het situeert zich ongeveer 160 cm onder het maaiveld in de referentiesituatie. Het water schommelt rond 125 cm onder het maaiveld in de winter in de referentiesituatie en het zal gemiddeld met 20 cm stijgen. De verzilting van het grondwater is beperkt en blijft beperkt tot het projectgebied. In dit oogpunt is scenario 2 een goed compromis.

Indien de nevenimpacten (bodem en grondwater en landschap) even belangrijk zijn als het creëren van waardevolle biotopen, is scenario 1 te verkiezen boven de andere scenario's.

De uiteindelijke keuze hangt af van waar het beleid het meeste belang aan hecht.

5. ALGEMEEN BESLUIT

In 1996 werd door de Afdeling Natuur van AMINAL een onderzoeksoopdracht toegewezen aan de vakgroep Morfologie, Systematiek en Ecologie van de Universiteit Gent om het ecologisch streefbeeld en Natuurherstelplan voor het integraal kustreservaat 'De IJzermending' te Nieuwpoort-Lombardsijde uit te werken. Het ecologisch-biologisch luik van de opdracht, met name de historische en biologische situatie van het studiegebied, het opstellen van een geglobaliseerde vegetatiekaart, het formuleren van de ecologische streefbeelden van natuurherstelmaatregelen werd ingevuld door het Laboratorium Plantkunde. De fysische omschrijving van het studiegebied en de civieltechnische uitwerking van op het ecologisch streefbeeld gebaseerde natuurherstelmaatregelen werden uitgewerkt door IMDC.

De prioriteiten voor de realisatie van het integraal kustreservaat voor het gebied Hemmepolder, is een gedeeltelijke vernatting van het kleiige gedeelte van de Hemmepolder dat volledig los van de rest bekeken kan worden. Bij de fasering moet in principe enkel rekening worden gehouden met de natuur- en de maatschappelijke aspecten voor de ontwikkeling van het gebied. Civieltechnisch vormen geen problemen. Prioritair wordt de creatie van een hoogwatervluchtplaats gesteld, wat bereikt wordt door vergraving van het terrein.

In 1998 is de oude marinebasis overgedragen van het Ministerie van Landsverdediging aan het Vlaams Gewest. Op 3 maart 1999 is het ruim 100 hectare grote gebied tussen de jachthaven "Novus Portus" en de Noordzee bij ministerieel besluit aangewezen als Vlaams natuurreservaat met als naam "De IJzermending". Vanaf 1998 werden plannen uitgewerkt voor het slopen van de gebouwen en de afbraak van de voormalige marine infrastructuur.

In een eerste fase (de 'droge fase' 13/09/1999 – 28/01/2000) werden gebouwen, betonwegen en ondergrondse pijpleidingen verwijderd. De slopingswerken werden voorafgegaan door de verwijdering van giftige en gevaarlijke stoffen in en om de gebouwen.

De tweede fase van het natuurherstel (de 'natte fase' 18/09/2000 – 18/03/2001) in het Vlaams natuurreservaat bestond erin acht aanlegsteigers, 1,3 km kademuren, een scheepshelling voor schepen en wegeninfrastructuur te verwijderen en 178.000 m³ grond af te graven; 143.000m³ van dit materiaal werd hergebruikt voor duinaanleg, de rest werd afgevoerd.

De derde en vierde fase (14/01/2002 – 02/03/2004) bestond erin een totaal van ca. 333.000 m³ opgespoten materiaal af te graven waarvan aanwezige duinzand (ca. 58.000m³) werd hergebruikt voor de zeewerende zanddijk aan de ooststrand van het gebied, de rest werd afgevoerd.

Door de ontmanteling van dokken en kaaien is de oppervlakte van bij hoogtij door zout water overstroombare slikken en schorren vergroot met ongeveer 16 hectare.

In het voorjaar van 2003 is IMDC gestart met het opmaken van een integraal ontwerp voor het strand tussen de havengeul en de oostelijke grens van het natuurreservaat. IMDC NV i.s.m. UGent en VUB hebben in de loop van het jaar Natuurontwikkelingsplannen opgesteld en hebben deze getoetst via mathematische modellering. Het resultaat moet een aaneensluitend natuurreservaat zijn, bestaande uit: strand, duin, intertidaal mondingsgebied met slikken en schorren en met alle mogelijke overgangen tussen deze landschapselementen.

Met het oog op de eventuele uitbreiding van het Vlaams natuurreservaat "De IJzermending, te Nieuwpoort (Lombardsijde) heeft de Afdeling Natuur in onderhavige opdracht verscheidene mogelijke streefbeelden voor natuurontwikkeling in de Hemmepolder laten uitwerken tot concrete natuurontwikkelingsplannen. Deze zijn door simulaties met daartoe opgebouwde mathematisch modellen van het projectgebied getoetst. Enerzijds is hun technische haalbaarheid bestudeerd, zowel naar zeewering en als waterbeheer en anderzijds naar realisatie van de

natuurontwikkelingsdoelstellingen. De opgestelde natuurontwikkelingsplannen zijn nadien geëvalueerd aan de hand van een multicriteria-analyse.

Drie mogelijke basisstreefbeelden werden bij aanvang voorgesteld om onderzocht te worden. Deze basisstreefbeelden zijn:

- Binnendijkse natuurontwikkeling “zoet”: herstel van kreken en ontwikkeling van microreliëfrijke poldergraslanden met plaatselijke vernatting en zonder bijkomende verzilting
- Binnendijkse natuurontwikkeling “brak”: herstel van kreken en ontwikkeling van microreliëfrijke poldergraslanden met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie van zout water uit de IJzermondingsgeul
- Buitendijkse natuurontwikkeling “zout”: ontpoldering door onderwerping van de Hemmepolder aan de getijwerking.

Deze basisstreefbeelden zijn in de loop van studie op een andere wijze gedefinieerd.

In de eerste plaats is in deelopdracht 1 een inventarisatie van de actuele toestand opgesteld en zijn de natuurontwikkelingsplannen uitgewerkt. Naast een topografische opmeting van de infrastructuur (met uitzondering van de privé-gebouwen) en het Geleed zijn debietmetingen uitgevoerd in het Geleed en zijn peilmetingen en saliniteitsmetingen gerealiseerd van het grondwater. Er is van het studiegebied ook een literatuurstudie uitgevoerd geologie, hydrogeologie, pedologie, ontwikkeling van de kustvlakte en waterkwaliteit.

Uit deze inventarisatie is gebleken dat de Hemmepolder een zeer vlak gebied is waarvan de hoogte varieert van 3.8 mTAW tot ~5mTAW. De bodem en ondergrond ervan bestaan hoofdzakelijk uit kleiige schorgronden langs het Geleed en meer zanderige strandruggronden aan de periferie van het projectgebied. Het gebied wordt ontwaterd door het Geleed dat éénmaal per getij leeg kan stromen naar de Kreek van Lombardsijde via het Piete Sas. Het Piete Sas wordt bediend door een landbouwer die het merendeel van de gronden in de Hemmepolder bewerkt.

De topografische opmeting en de peilmetingen van het grondwater hebben aangegeven dat het Geleed erg diep is ingesneden en dat het grondwater meer dan 1 meter onder het maaiveld staat. De kwaliteit van het grondwater is zoet in de bovenste laag.

Hoewel het studiegebied grotendeels uit akkerland bestaat, zijn toch relictten van natuurwaarden (voor zover het flora en vegetatie betreft) te verwachten, zeker op de zandige overgangsgronden tussen duin en polder in het westen van het gebied maar de inventarisatie wees echter uit dat de huidige botanische en vegetatiekundige natuurwaarden van het gebied eerder gering zijn. Het betreft hier grotendeels eurytope en dus ecologisch weinig kieskeurige plantensoorten van sterk gestoorde ruderaal terreinen. De oevervegetaties langs het Geleed en de grachten worden gedomineerd door Riet. Alle voorkomende natuurtypen in de huidige toestand, tenzij de rietkragen, zijn min of meer grondwater-onafhankelijk.

Uit navraag bij verschillende databanken op het Instituut voor Natuurbehoud blijkt dat er geen specifieke faunagegevens voor het studiegebied voorhanden zijn, tenzij voor de avifauna die weliswaar momenteel zeer beperkt is.

Vertrekkende uit deze gegevens zijn natuurontwikkelingsplannen voorgesteld en opgemaakt. Om tot deze natuurontwikkelingsplannen te komen worden in het rapport de natuurtypen en de ecologische randvoorwaarden van de weerhouden natuurtypen gekwantificeerd. Vanuit deze analyse zijn 3 scenario's voorgesteld welke een precisering vormen van de 3 basisstreefbeelden zoals hoger vermeld:

- Scenario 1 : “**natte graslanden**”, binnendijs herstel van geulen en poldergrasland met algemene vernatting zonder bijkomende verzilting;
- Scenario 2 : “**natte zilte graslanden**”, ontwikkeling van poldergrasland met plaatselijke vernatting en bijkomende verzilting door gecontroleerde infiltratie/aanvoer van zout water uit de kreek van Lombardsijde; poldergrasland met algemene vernatting zonder bijkomende verzilting;
- Scenario 3: “**slik en schor**”, ontpoldering door introductie van getijwerking.

In het kader van elk scenario is aandacht geschonken aan, mogelijke inrichtingsmaatregelen ten behoeve van avifauna, na te streven doelstellingen en natuurdoeltypes, vispassage, ontsnippering, maatregelen zeewering, (geo-)hydrologische voorwaarden en globale ingrepen.

Om scenario 1 “natte graslanden” te realiseren worden geen wijzigingen aangebracht aan de Halvemaandijk. Dit impliceert dat er geen veranderingen worden geïnduceerd in de zeewering t.o.v. de huidige toestand. Derhalve heeft dit scenario geen impact op de veiligheidsimpacten inzake overstromingen vanuit de zee. Indien Veiligheidsstudie Vlaamse Kust in opdracht van Afdeling Waterwegen en Kust concludeert dat de huidige Halvemaandijk niet voldoet aan de geldende veiligheidscriteria dan wordt er van uitgegaan (in deze studie) dat de bevoegde overheid (Afdeling Waterwegen en Kust van AWZ) de nodige maatregelen zal treffen. De kosten van dergelijke infrastructuraanpassingen ter hoogte van de Halvemaandijk worden derhalve niet als een kost voor de realisatie van dit scenario beschouwt

Om scenario 2 “natte zilte graslanden” te realiseren worden geen intrinsieke wijzigingen toegebracht aan de Halvemaandijk en er wordt vanuit gegaan dat de zeewerende eigenschappen van de Halvemaandijk voldoende zijn. Toch zullen maatregelen moeten worden getroffen om zout water tot de Hemmepolder toe te laten. Zout water kan via de eventueel aangepaste ontwateringsbuis van het Piete Sas tot het projectgebied worden toegelaten. De diameter van deze buis hangt af van de hoeveelheid water dat men wenst tot te laten. Men kan zout water de Hemmepolder laten binnendringen door de dijk plaatselijk af te graven. Bij deze werken moeten de zeewerende eigenschappen van de dijk worden gegarandeerd en zullen bijkomende kosten om de zeewering tot het huidige peil te waarborgen door het project worden gedragen.

Om scenario 3 “slik en schor” te realiseren moet een nieuwe zeewerende dijk opgericht worden. Deze dijk heeft een totale lengte van 1.4 km. De voorgestelde dijk heeft bij aanleg een kruinhoogte van 8.5 mTAW om rekening te houden met zettingen die 10 % kunnen bedragen. Het zeewaartse talud heeft een helling van 1:3, het landwaartse talud heeft een helling van 1:1. De totale oppervlakte die aangewend moet worden om deze dijk aan te leggen is 2.5 ha.

In deelopdracht 2 zijn verschillende mathematisch modellen opgebouwd van de huidige toestand en is een toetsingskader opgesteld waaraan de natuurontwikkelingsplannen getoetst zijn. In dit kader zijn volgende varianten uitgewerkt:

- Scenario 1: Natte graslanden
 - Variant 1A: Opstuwing van het Geleed tot 3,70 m TAW (kost € 273.295);
 - Variant 1B: Afgraving oeverzone met behoud huidig peil van Geleed (kost € 421.795)
 - Variant 1C: Combinatie van maatregelen in variant 1A en variant 1B; (kost € 513.295)
 - Variant 1D: Opstuwing van het grondwater door plaatsing van een ondoorlaatbare wand van 10 m; (kost € 661.795)
 - Variant 1E: Opstuwing van het grondwater door plaatsing van een ondoorlaatbare wand over de hele diepte van het kwartair (24 m); (kost € 11.701.795)

- Variant 1F: Afgraven van de toplaag van het projectgebied over een diepte van 60cm; (kost € 1.625.795)
- Scenario 2: Natte zilte graslanden
 - Variant 2A: Inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4,45 m TAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 4,00 m TAW ligt onder water komt. Dit gebeurt door een lokale verlaging van de dijk ter hoogte van het Piete Sas. (kost € 292.720)
 - Variant 2B: Inlaat van zout IJzerwater wanneer het getij 4,45 m TAW bereikt zodat gemiddeld het terrein dat onder 3,50 m TAW ligt onder water komt. Dit wordt gerealiseerd door het terrein dat in variant 2A met meer dan 20 cm onder water staat wordt afgegraven tot 3,50 m TAW. (kost € 858.024)
- Scenario 3: Slik en schor
 - Variant 3A: Opening van de huidige Piete Sas op 2,65 m TAW over de volledige hoogte van de dijk. De breedte van het Piete Sas wordt behouden. (kost € 496.130)
 - Variant 3B: Verwijderen van een deel van de zeewerende dijk. (kost € 1.601.455)

In deelopdracht 3 is een twee stappen multi-criteria-analyse (MCA) uitgevoerd om de keuze tussen de 3 scenario's voor natuurontwikkeling in de IJzermonding (meer bepaald in de Hemmepolder) te onderbouwen. De eerste stap heeft het ontwikkelingsscenario aangewezen dat te verkiezen is voor de Hemmepolder vanuit het oogpunt van enerzijds natuurwaarden en anderzijds inzake de impact op bodem en water en de impact op landschap en landschapsbeleving.

De tweede stap heeft voor elk van de scenario's bepaald welke inrichtingsvariant het meest optimaal is.

De vergelijking tussen enerzijds de scenario's en anderzijds de varianten wordt uitgevoerd middels een multicriteria-analyse (MCA) waarbij door middel van scores voor criteria en gewichten aan criteria die het belang van het criterium aanduiden een integratie wordt gemaakt zodat een eindrangschikking wordt bekomen.

De criteria om een "waardevolle natuur als uitbreiding van het Vlaams Natuurreservaat De IJzermonding te creëren waar de landschappelijke belevenis zo hoog mogelijk is met een zo klein mogelijke aantasting van cultuurhistorische waarden en een zo klein mogelijke ongewenste impact op de nabije omgeving", bestaan uit 3 hoofdgroepen (natuur, bodem en water, landschap en cultuurhistorie) welke onderverdeeld zijn in subcriteria

De impact op landbouw, recreatie, toerisme, visserij en andere aspecten van de economie zullen worden onderzocht in een maatschappelijke kosten-batenanalyse van het natuurherstelproject Hemmepolder.

Enerzijds is een rangschikking gemaakt op basis van de voorgestelde criteria en gewichtensets voor elk van de hoofdcriteria groepen apart, en anderzijds is een geïntegreerde rangschikking opgesteld, waarin rekening wordt gehouden met elk van de aspecten (zowel meerwaarde m.b.t. natuur als eventuele negatieve impact op bodem en water en op landschap).

Het **scenario 3** ("Natte Zilte Graslanden") voldoet het **best** aan om de **natuurwaarden van het gebied zo groot mogelijk** te maken. Dit scenario heeft echter ook negatieve impact op bodem en water (verzilting en stijging van het grondwater – ook buiten het projectgebied) en op landschappelijke structuur en archeologie. Er wordt wel verwacht dat de landschappelijke beleving van dit scenario hoog zal zijn.

Indien vanuit beleidsoogpunt de **nevenimpacten (bodem en grondwater en landschap) even belangrijk** worden bevonden **als het creëren van waardevolle biotopen**, is **scenario 1** ("Zoete Natte Graslanden") te verkiezen boven de andere scenario's. Is het creëren van de waardevolste natuurwaarden echter de hoofddoelstelling en wil men daarnaast de impact op bodem en water en de impact op landschap zo klein mogelijk houden, dan dient men te kiezen voor scenario 2 of zelfs voor scenario 3. Deze twee scenario's liggen in de integrale afweging vrij dicht bij elkaar.

Indien gekozen wordt voor het eerste inrichtingsscenario "zoete natte graslanden" is de inrichtingsvariant 1F (het afgraven met 60 cm van de bovenste laag van de Hemmepolder) te verkiezen. Deze inrichtingsvariant is wel vrij kostelijk. Een goed alternatief is de inrichtingsvariant 1C (Opstuwing van het Geleed tot 3,70 m TAW en de oeverzone afgraven).

De inrichtingsvarianten voor de scenario's 2 en 3 liggen zeer dicht bij elkaar voor wat betreft de verschillende impactgroepen. De kosten verschillen echter substantieel, waarbij telkens de inrichtingsvariant B heel wat duurder is dan de inrichtingsvariant A.

Ten slotte heeft de gevoeligheidsanalyse uitgewezen dat **scenario 2** ("Natte Zilte Graslanden") **altijd op de 2^{de} plaats** eindigt bij het veranderen van de gewichten van de hoofddoelgroepen. De negatieve impact van de stijging van het grondwater is klein. In de zomer kan het grondwater gemiddeld met 30 cm buiten het projectgebied stijgen en in de winter kan het grondwater gemiddeld met 20 cm stijgen. De verzilting van het grondwater is beperkt en blijft beperkt tot het projectgebied. In dit oogpunt is scenario 2 een **goed compromis**.

6. REFERENTIES

- Baeteman C. and Declercq P-Y., 2002a A synthesis of early and middle Holocene coastal Changes in the western Belgian Lowlands in Physical geography beyond the 20th century, *Belgeo*, 2, Guest editors M. De Dapper, A. Ozer, G. Govers, pp77-107
- Baeteman C., Scott D., Van Strydonck M., 2002b, Changes in coastal zone processes at a high sea-level stand: a late Holocene example from Belgium, *Journal of quaternary science*, 17(5-6), John Wiley and sons (www.interscience.wiley.com), pp 547-559
- Baeteman C., 2004, The Holocene development of a tide-dominated coastal lowland. Western coastal plain of Belgium. Field Guide. The quaternary research association third international postgraduate symposium fieldtrip, September 17th 2004, Belgian Geological survey, Brussels, Belgium
- Baeteman C., 2004b. Geologische kaart van België – Holocene afzettingen van de kustvlakte. Lampernisse-Diksmuide(1/25000), Bijkaart. Belgische Geologische Dienst.
- Deboeuf, C. & J.-L. Herrier, 2002. The restoration of mudflats, salt marshes and dunes on the Eastern bank of the Yzer-mouth, Nieuwpoort. In Veloso-Gomez, F., F. Taveira-Pinto & L. das Neves (Eds.). *The Changing coast, Littoral 2002*, a multidisciplinary symposium on Coastal Dune Research, Management and Planning, Vol. III, Posters, Porto: 201-202. De Fré, B. & Hoffmann, M., 2004. Systematiek van natuurtypen: pioniersmilieus. Onderzoeksopdracht i.o.v. Min. Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afd. Natuur, Rapport IN.O.2004.7, 112 pp. + bijl.
- Degezelle T & Hoffmann M, augustus 2002, Natuurtechnisch beheersplan voor de duinen van het militair domein 'kwartier kamp lombardsijde', te Nieuwpoort, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Dept. Leefmilieu en Infrastructuur, AMINAL
- Devos, K. & De Groote, D., 2004. MONAIJ. Evaluatie van de impact van recente natuurontwikkelingsmaatregelen aan de IJzermonding. Avifauna. Draft van eindrapport MONAIJ.
- Ervynck, A, Baeteman C., Demiddele H., Hollevoet Y., Pieters M., Schelvis J., Tys D., Van Strydonck M. en Veraeghe F., 1999, Human occupation because of regression, or the cause of a transgression: A critical review of the interaction between geological Events and human occupation in the Belgian coastal plain during the first Millenium AD, *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet*, 26, Oldenburg, pp 97-121.
- Fremout A, 2002, Overzicht van de tijwaarnemingen Langs de Belgische Kust, periode 1991-2000, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling waterwegen en kust – Hydrografie, pp.38 + bijl.
- Herrier, J.-L., H. Van Nieuwenhuyse, C. Deboeuf, S. Deruyter & M. Leten, 2005. Sledgehammers, cranes and bulldozers: restoring dunes and marshes by removing buildings and soil. In Herrier J.-L., J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuyse & I. Dobbelaere (Eds.). 2005. p. 79-94. *Proceedings 'Dunes and Estuaries' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats*, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005 VLIZ Special Publication 19, xiv + 685 pp.

Hoffmann, M., M. Hoys, J. Monbaliu & M. Sas, 1996, Ecologisch streefbeeld en natuurherstelplan voor het integraal kustreservaat "De IJzermonding" te Nieuwpoort-Lombardsijde met civiel-technische realisatiemogelijkheden. Rapport in opdracht van AMINAL, Vakgroep Morfologie, Systematiek en Ecologie, Laboratorium Plantkunde, Universiteit Gent, 161 blz. + figuren.

IMDC, April 2004, Actualisatie van het strandontwerp te Nieuwpoort- Lombardsijde met het oog op natuurinrichting van het gebied, Eindrapport, I/RA/11232/03.019/KTR, in opdracht van AWZ

IWVA, 1983, Hydrogeologische studie ten behoeve van het herinrichten van de waterwinning in het militaire kamp te Lombardsijde, 13 blz.

Meyus Y., D. De Smet, F. De Smedt, K. Walraevens, O. Batelaan en M. van Camp, 2001. Hydrogeologische codering van de ondergrond van Vlaanderen (HCOV). @Wel - Water: 1-13.

Moormann F.R en Ameryckx J.B., 1951, verklarende tekst bij kaartblad Nieuwpoort-Nieuport 36,W, Centrum voor bodemkartering o.l.v Dir. R. Tavernier, IWONL, Brussel, 51 blz.

Provoost, S., Rappé, G., Ampe, C., Leten, M., Hoys, M. & Hoffmann, M., 1996. II. Natuurontwikkeling, In Provoost, S. & Hoffmann, M. (red.), Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. Brussel, Instituut voor Natuurbehoud, i.o.v. AMINAL, Afd. Natuur, 130 pp.

Provoost T, 1996 bijdrage in De Roo N en Hindrykx K. (red.), 1996, Beeld van een stroom: De IJZER, Iannoo, Tielt, 176 blz.

Stikvoort, E., 2000. Met het tij mee. Over de ontwikkelingen in het Sieperdaschor. Rapport RIKZ/2000/046, 48 pp.

Thys, R., 1922, Nieuport 1914-1918. Les inondations de l'Yser et la Compagnie des sapeurs-pontoniers du Génie Belge, Paris-Liège-Londres, 1922

Toorman Erik, Monbaliu Jaak, Adam Stefanie, 2004, Monitoring Natuurherstel Yzermonding (MONAY) –SEDIMENTPROCESSEN, Eindrapport HYD/MONAY/04.1, Rapport in opdracht van AMINAL, Laboratorium voor Hydraulica, KULeuven, 49 blz + bijlagen.

Verhulst A, 1995, Landschap en Landbouw in Middeleeuws Vlaanderen, Gemeentekrediet, Brussel, 191 blz.

Vandenbussche Veerle, Filiep T'Jollyn, Arnout Zwaenepoel, Els Van den Balck & Maurice Hoffmann, 2002, systematiek van natuurtypen voor de biotopen Heide, moeras, duin, slik en schor. Deel 5: slik en schor, Verslag van het Instituut voor Natuurbehoud 2002.16, ONDERZOEKSOPDRACHT MINA 102/99/01, p 149.

Zwaenepoel, A., 2002a. Het Glanshaver-verbond (*Arrhenatherion elatioris*). In Zwaenepoel, A., T'Jollyn, F., Vandenbussche, V. & Hoffmann, M., Systematiek van natuurtypen voor de biotoop grasland. Onderzoeksopdracht i.o.v. Min. Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afd. Natuur: 313-357.

Zwaenepoel, A., 2002b. Grasklokje-Steenanjer-vegetaties en kleine klavertjes toestanden: het verbond van Gewoon struisgras (*Plantagini-Festucion*). In Zwaenepoel, A., T'Jollyn, F.,

Vandenbussche, V. & Hoffmann, M., Systematiek van natuurtypen voor de biotoop grasland. Onderzoeksopdracht i.o.v. Min. Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afd. Natuur: 155-180.

Zwaenepoel, A. & Vanhecke, L., 2002a. Binnendijkse zilte vegetaties: Stomp kweldergras-verbond (*Puccinellio-Spergularion salinae*). In Zwaenepoel, A., T'Jollyn, F., Vandenbussche, V. & Hoffmann, M., Systematiek van natuurtypen voor de biotoop grasland. Onderzoeksopdracht i.o.v. Min. Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afd. Natuur: 27-44.

Zwaenepoel, A. & Vanhecke, L., 2002b. BHet Zilverschoon-verbond (*Lolio-potentillion*). In Zwaenepoel, A., T'Jollyn, F., Vandenbussche, V. & Hoffmann, M., Systematiek van natuurtypen voor de biotoop grasland. Onderzoeksopdracht i.o.v. Min. Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afd. Natuur: 61-94.

BIJLAGE 1

BOORPROFIELEN ROND EN IN PROJECTGEBIED

TABEL OVERZICHT VELDWAARNEMINGEN

Opdrachtgever : IMDC NV
 Projectnaam : Hemmepolder
 Projectnummer : 051342
 Projectlocatie : Lombardsijde

| Meetpunt | Traject (cm-mv) | Grondsoort | Kleur | Bijzonderheden(mate) | Geur(sterkte) |
|-------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|----------------------|---------------|
| PB1 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 50 | Puin | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - 900 | ZAND matig grof, zwak siltig | Grijs | Geen | Geen |
| PB10 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 50 | ZAND matig grof, zwak siltig | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - 200 | LEEM, zwak zandig | Grijs | Geen | Geen |
| PB2 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 50 | Puin | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - 320 | ZAND matig grof, zwak siltig | Grijs | Geen | Geen |
| PB3 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 200 | LEEM, zwak zandig | Bruin | Geen | Geen |
| | 200 - 315 | ZAND matig grof, zwak siltig | Grijs | Geen | Geen |
| PB4 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 100 | ZAND matig grof, zwak siltig | Bruin | Geen | Geen |
| | 100 - 200 | LEEM, zwak zandig | Bruin | Geen | Geen |
| | 200 - 320 | ZAND matig grof, zwak siltig | Grijs | Geen | Geen |
| PB5 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 50 | ZAND matig grof, zwak siltig | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - 900 | LEEM, zwak zandig | Grijs | Geen | Geen |
| PB6 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 50 | ZAND matig grof, zwak siltig | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - 305 | LEEM, zwak zandig | Grijs | Geen | Geen |
| PB7 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 50 | ZAND matig grof, zwak siltig | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - 900 | LEEM, zwak zandig | Grijs | Geen | Geen |
| PB8 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 50 | ZAND matig grof, zwak siltig | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - 310 | LEEM, zwak zandig | Grijs | Geen | Geen |
| PB9 Peilbuis | 0 - 3 | Gazon | Groen | Geen | Geen |
| | 3 - 100 | ZAND matig grof, zwak siltig | Bruin | Geen | Geen |
| | 100 - 315 | LEEM, zwak zandig | Grijs/Bruin | Geen | Geen |

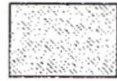
LEGENDA BOORPROFIELEN



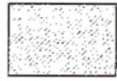
Grind



Zand



Leem



Klei



Veen



Slib



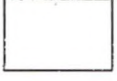
Verharding



Puin



Water



Geen

Peilbuis



blinde buis

filterbuis



grondwaterstand

Hoofdbestanddeel

G/g = Grind

Z/z = Zand

L = Leem

K/k = Klei

Vm = Veen mineraalarm

V = Veen

Bijmengsel

s = silt

h = humeus

f = fijn

mf = matig fijn

mg = matig grof

uf = uiterst fijn

ug = uiterst grof

zf = zeer fijn

zg = zeer grof

Mate van bijmengsel

1 = zwak

2 = matig

3 = sterk

4 = uiterst sterk



Project locatie: Lombardsijde ()
X: 0, Y: 0 X: 100000, Y: 100000

PROJECTGEGEVENS:

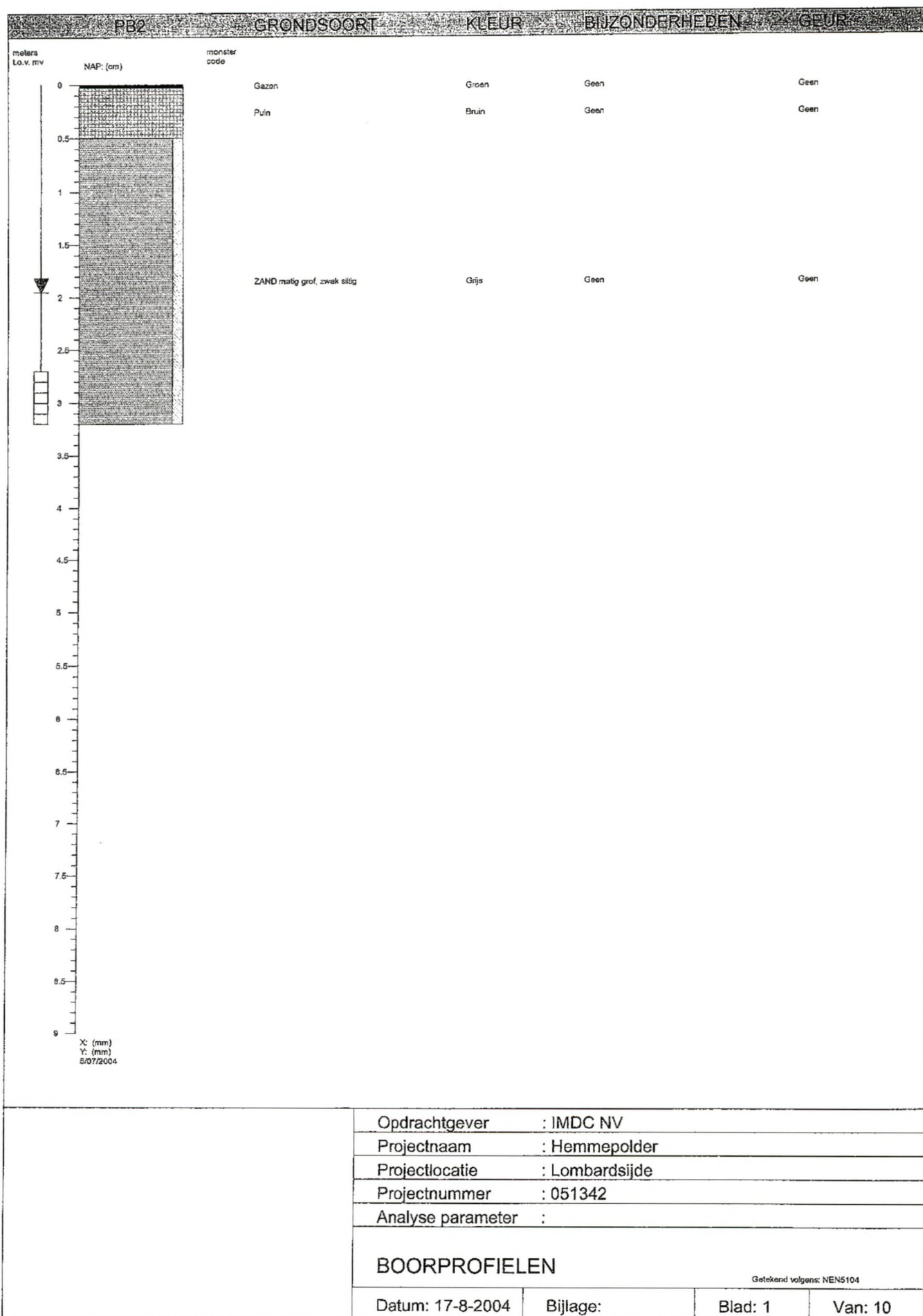
Opdrachtgever : IMDC NV
Projectnaam : Hemmepolder
Projectnummer : 051342
Projectsoort : Lombardsijde
Projectlocatie :
Kadastrale ligging :
Datum : 17-8-2004

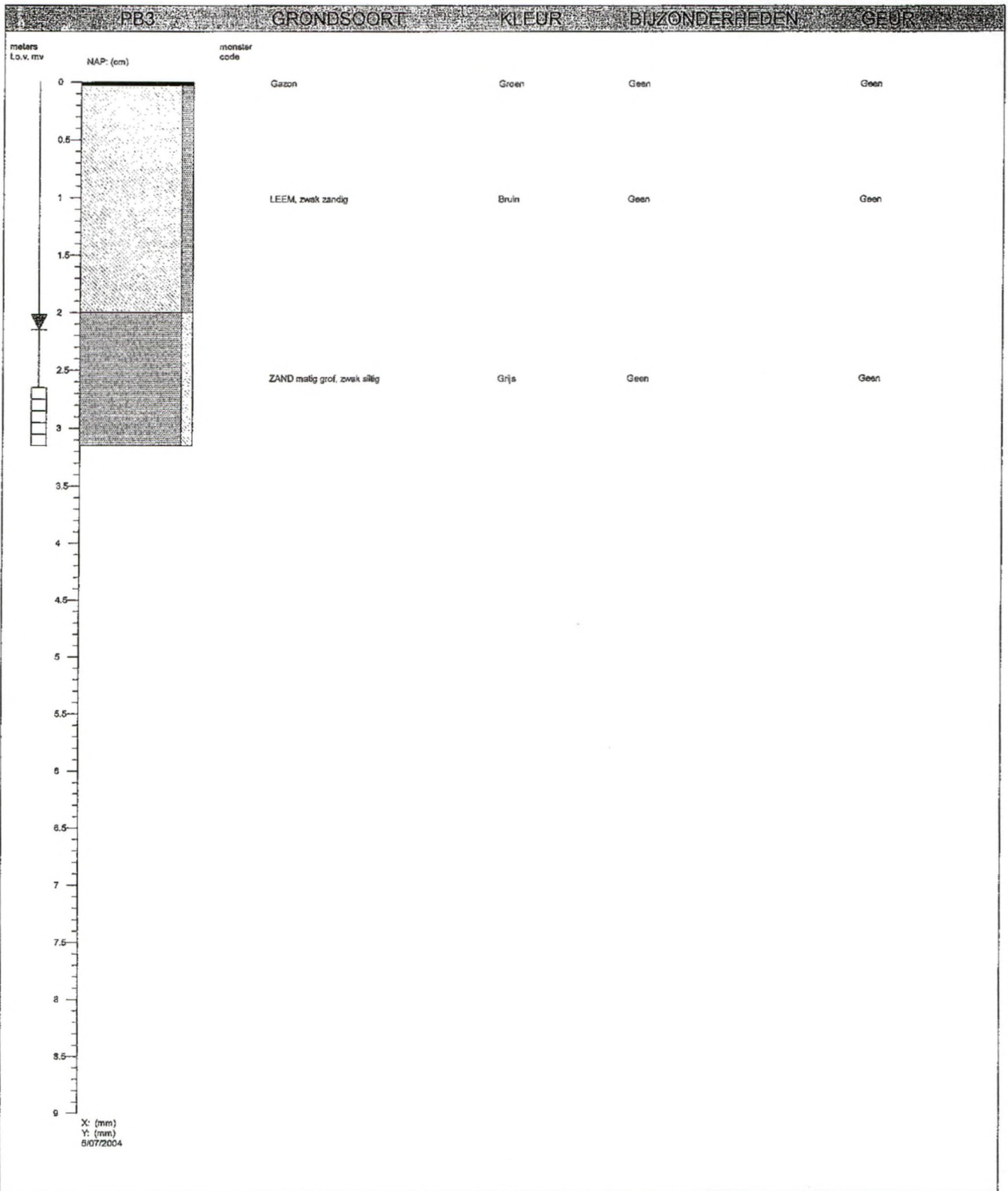


BIJLAGE:

BLAD: 1

VAN: 1



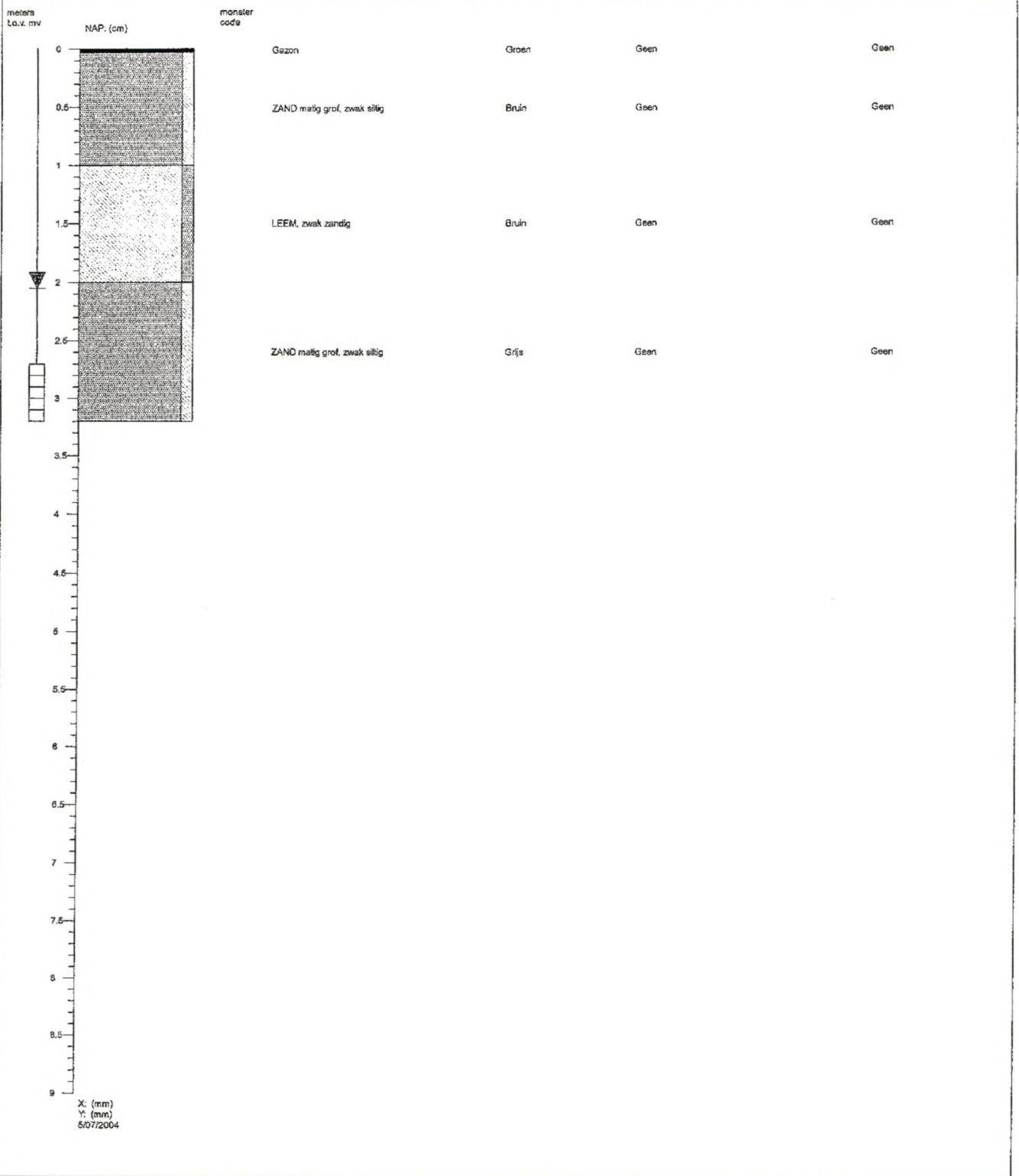


| | |
|-------------------|----------------|
| Opdrachtgever | : IMDC NV |
| Projectnaam | : Hemmepolder |
| Projectlocatie | : Lombardsijde |
| Projectnummer | : 051342 |
| Analyse parameter | : |

BOORPROFIELEN

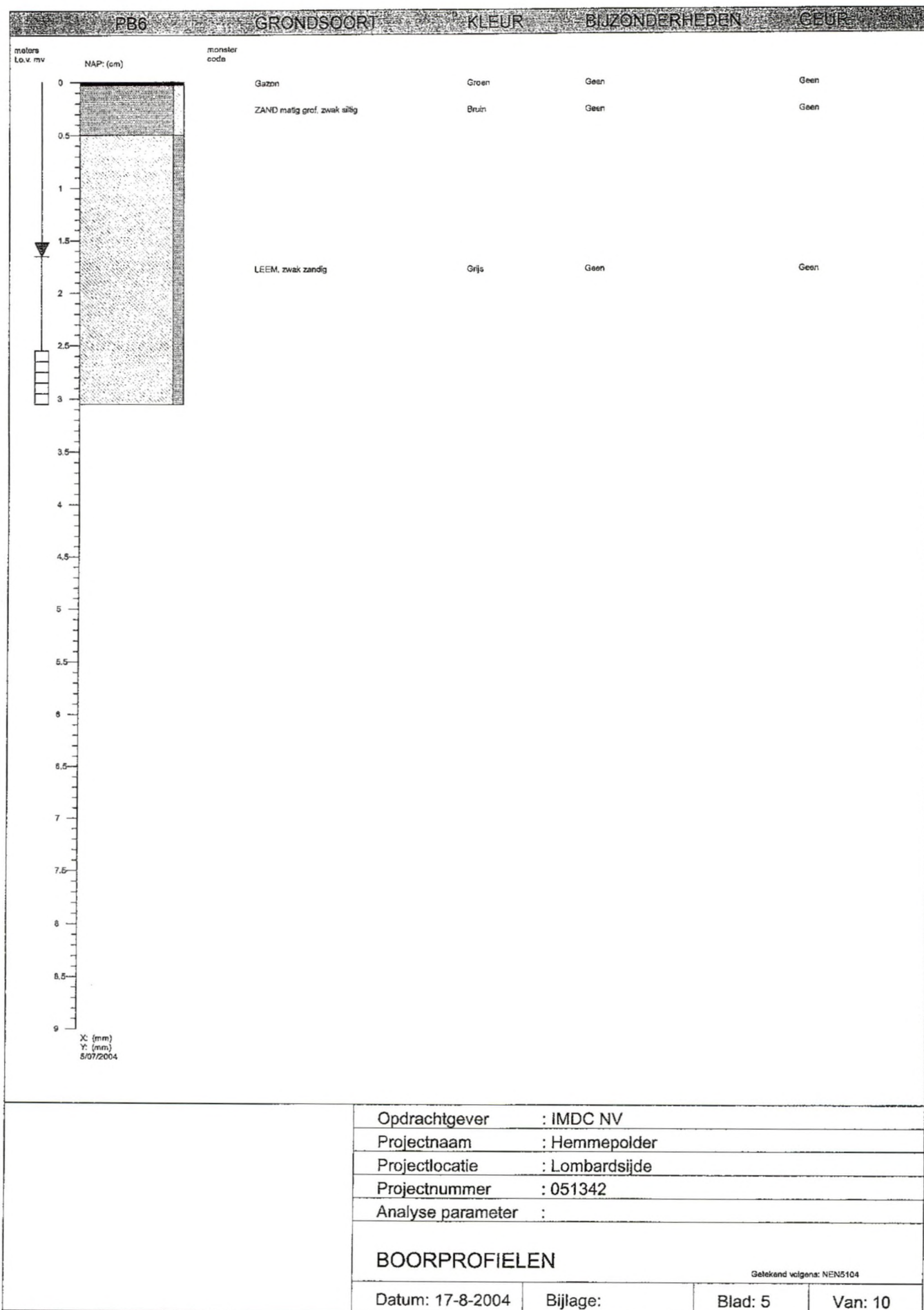
Getekend volgens: NEN5104

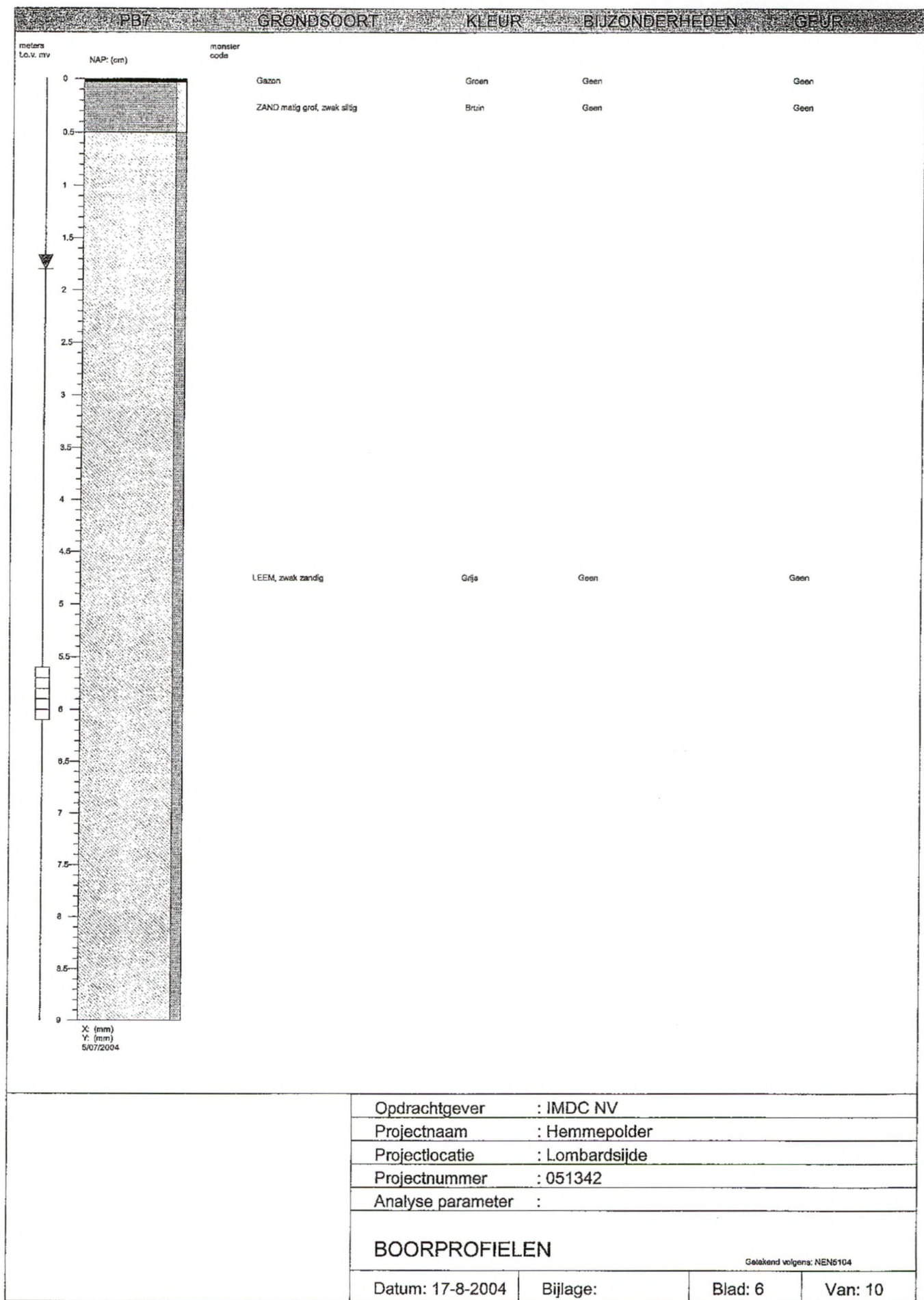
| | | | |
|------------------|----------|---------|---------|
| Datum: 17-8-2004 | Bijlage: | Blad: 2 | Van: 10 |
|------------------|----------|---------|---------|

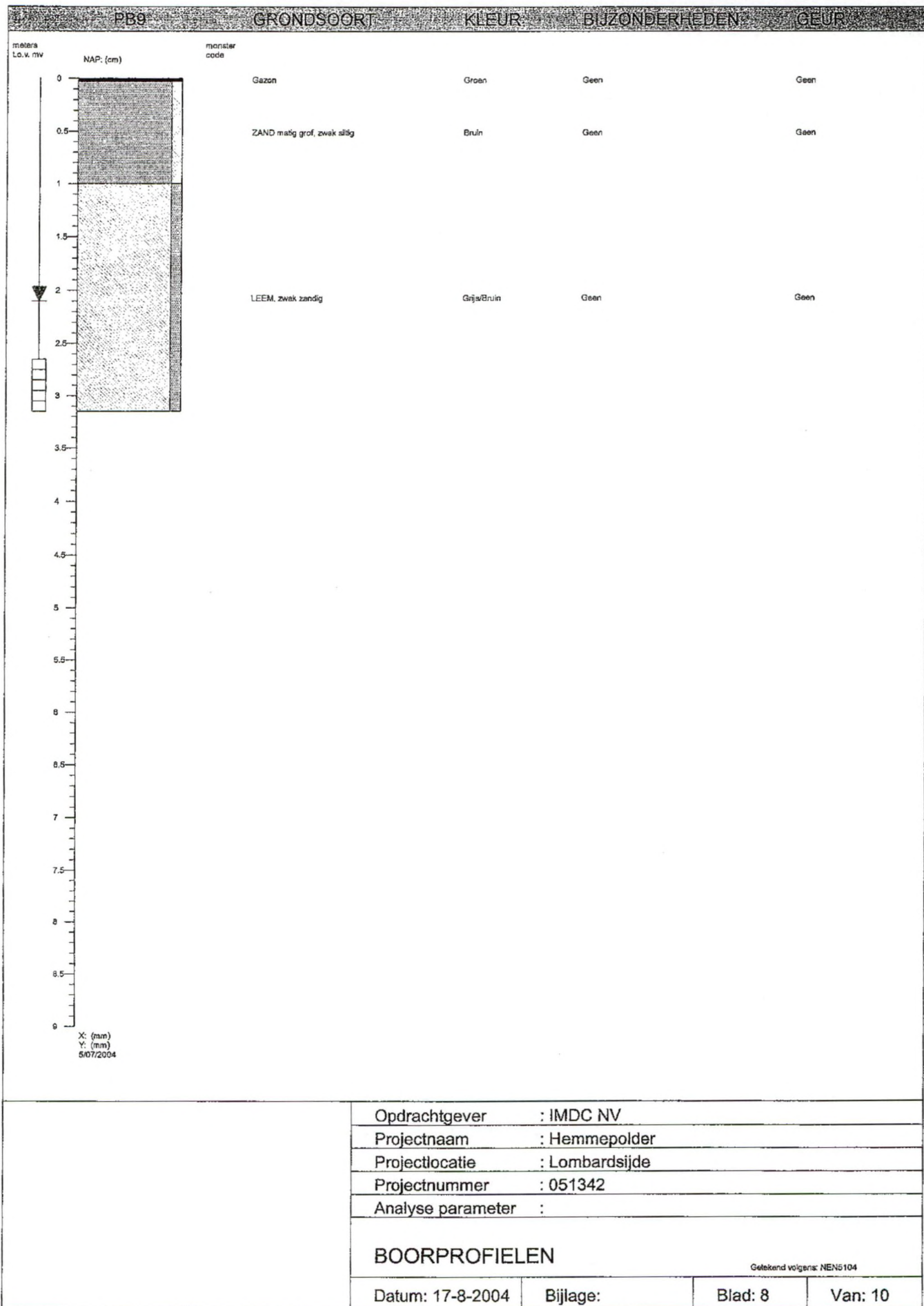


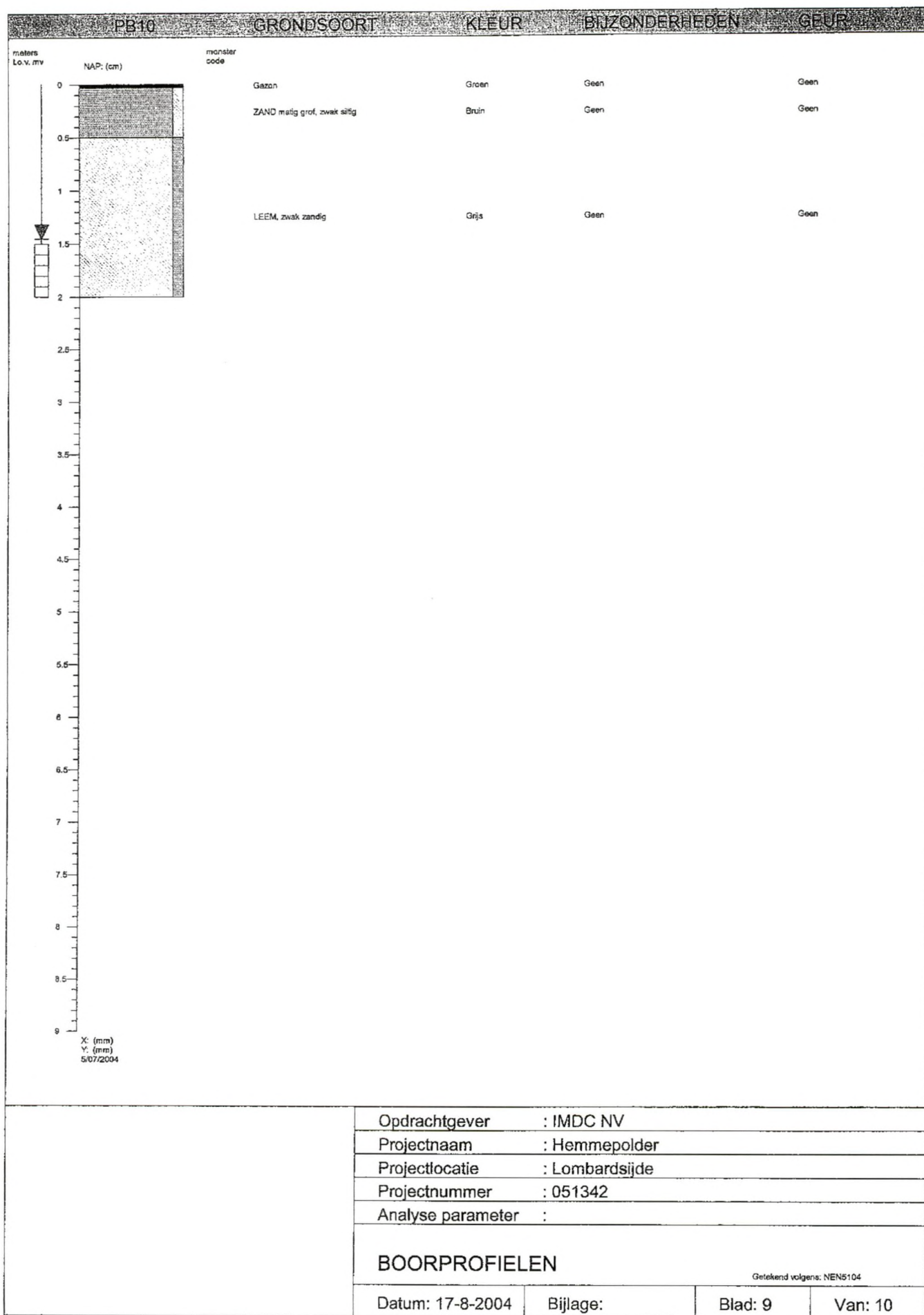
| | |
|-------------------|----------------|
| Opdrachtgever | : IMDC NV |
| Projectnaam | : Hemmepolder |
| Projectlocatie | : Lombardsijde |
| Projectnummer | : 051342 |
| Analyse parameter | : |

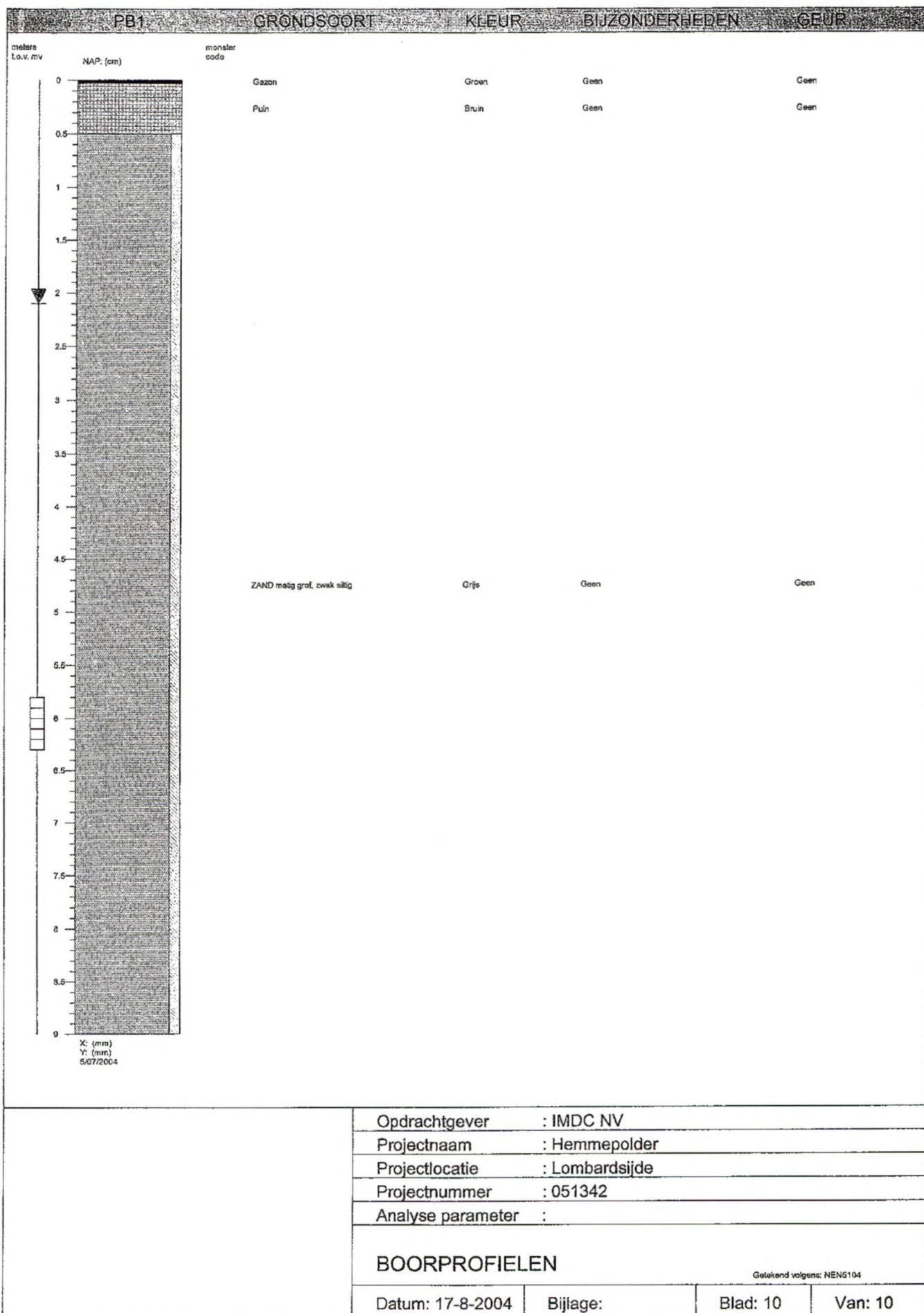
| | |
|---|--------------------------------|
| Opdrachtgever | : IMDC NV |
| Projectnaam | : Hemmepolder |
| Projectlocatie | : Lombardsijde |
| Projectnummer | : 051342 |
| Analyse parameter | : |
| <p>BOORPROFIELEN</p> <p style="text-align: right;">Getekend volgens: NEN5104</p> | |
| Datum: 17-8-2004 | Bijlage: Blad: 4 Van: 10 |











TABEL OVERZICHT VELDWAARNEMINGEN

Opdrachtgever : IMDC NV
Projectnaam : Hemmepolder
Projectnummer : 051342
Projectlocatie : Lombardsijde

| Meetpunt | Traject (cm-mv) | | Grondsoort | Kleur | Bijzonderheden(mate) | Geur(sterkte) |
|---------------------|-----------------|----|--------------------------------|-------|----------------------|---------------|
| K1 Boring | 0 - | 15 | Asfaltverharding | Zwart | Geen | Geen |
| | 15 - | 55 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 55 - | 65 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |
| K2 Boring | 0 - | 15 | Asfaltverharding | Zwart | Geen | Geen |
| | 15 - | 55 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 55 - | 65 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |
| K3 Boring | 0 - | 15 | Asfaltverharding | Zwart | Geen | Geen |
| | 15 - | 55 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 55 - | 65 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |
| K4 Boring | 0 - | 15 | Asfaltverharding | Zwart | Geen | Geen |
| | 15 - | 55 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 55 - | 65 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |
| K5 Boring | 0 - | 15 | Asfaltverharding | Zwart | Geen | Geen |
| | 15 - | 70 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 70 - | 80 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |
| K6 Boring | 0 - | 15 | Asfaltverharding | Zwart | Geen | Geen |
| | 15 - | 70 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 70 - | 80 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |
| K7 Boring | 0 - | 50 | Puin | Bruin | Geen | Geen |
| | 50 - | 80 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 80 - | 90 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |
| K8 Boring | 0 - | 15 | Asfaltverharding | Zwart | Geen | Geen |
| | 15 - | 75 | Puin | Grijs | Geen | Geen |
| | 75 - | 85 | ZAND matig fijn , zwak siltig, | Bruin | Geen | Geen |

LEGENDA BOORPROFIELEN



Grind



Zand



Leem



Klei



Veen



Slib



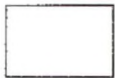
Verharding



Puin



Water



Geen

Peilbuis



blinde buis

filterbuis



grondwaterstand

Hoofdbestanddeel

G/g = Grind

Z/z = Zand

L = Leem

K/k = Klei

Vm = Veen mineraalarm

V = Veen

Bijmengsel

s = silt

h = humeus

f = fijn

mf = matig fijn

mg = matig grof

uf = uiterst fijn

ug = uiterst grof

zf = zeer fijn

zg = zeer grof

Mate van bijmengsel

1 = zwak

2 = matig

3 = sterk

4 = uiterst sterk



Project locatie: Lombardsijde 0
X: 0, Y: 0 X: 100000, Y: 100000

PROJECTGEGEVENS:

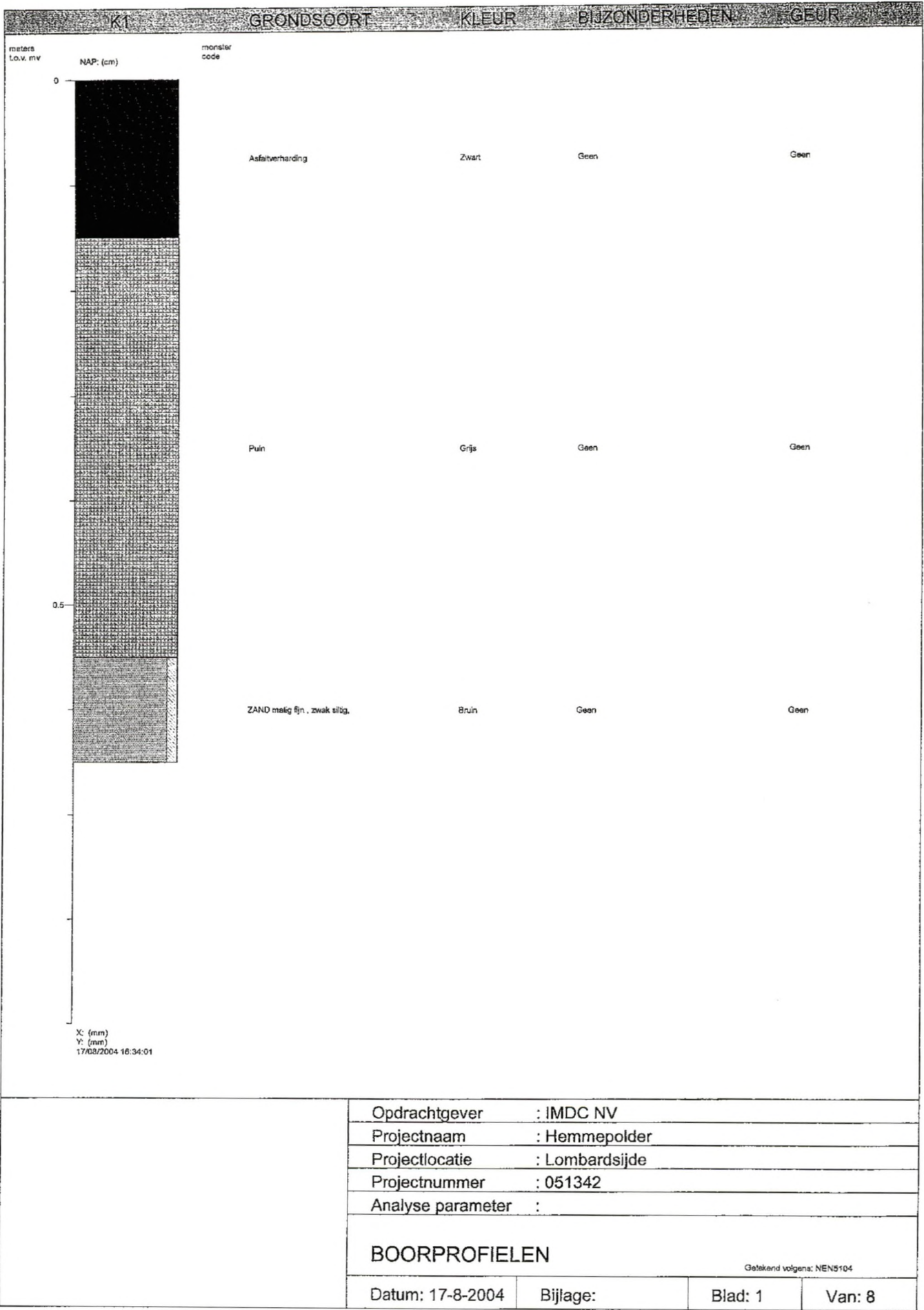
Opdrachtgever : IMDC NV
Projectnaam : Hemmepolder
Projectnummer : 051342
Projectsoort :
Projectlocatie : Lombardsijde
Kadastrale ligging :
Datum : 17-8-2004

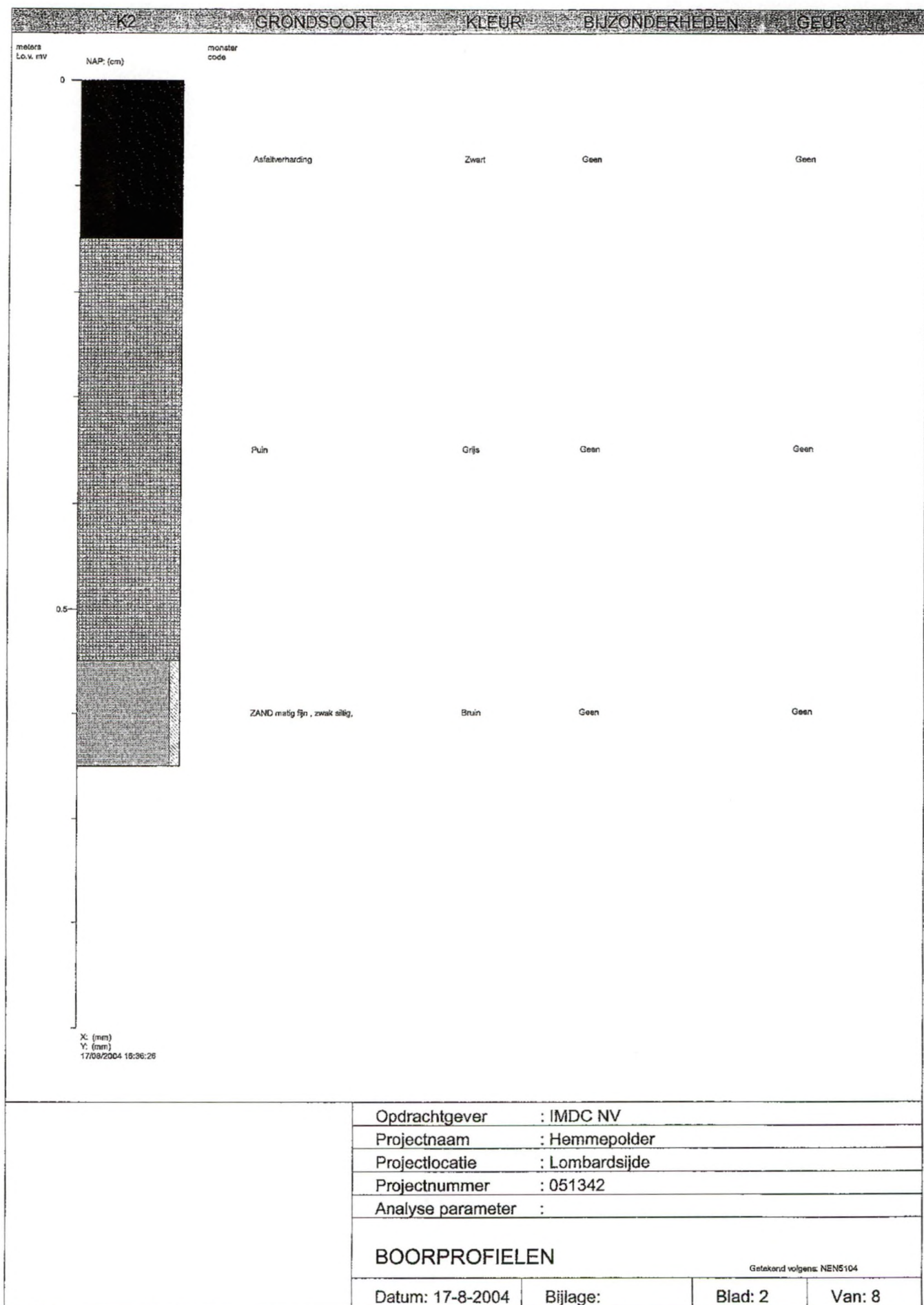


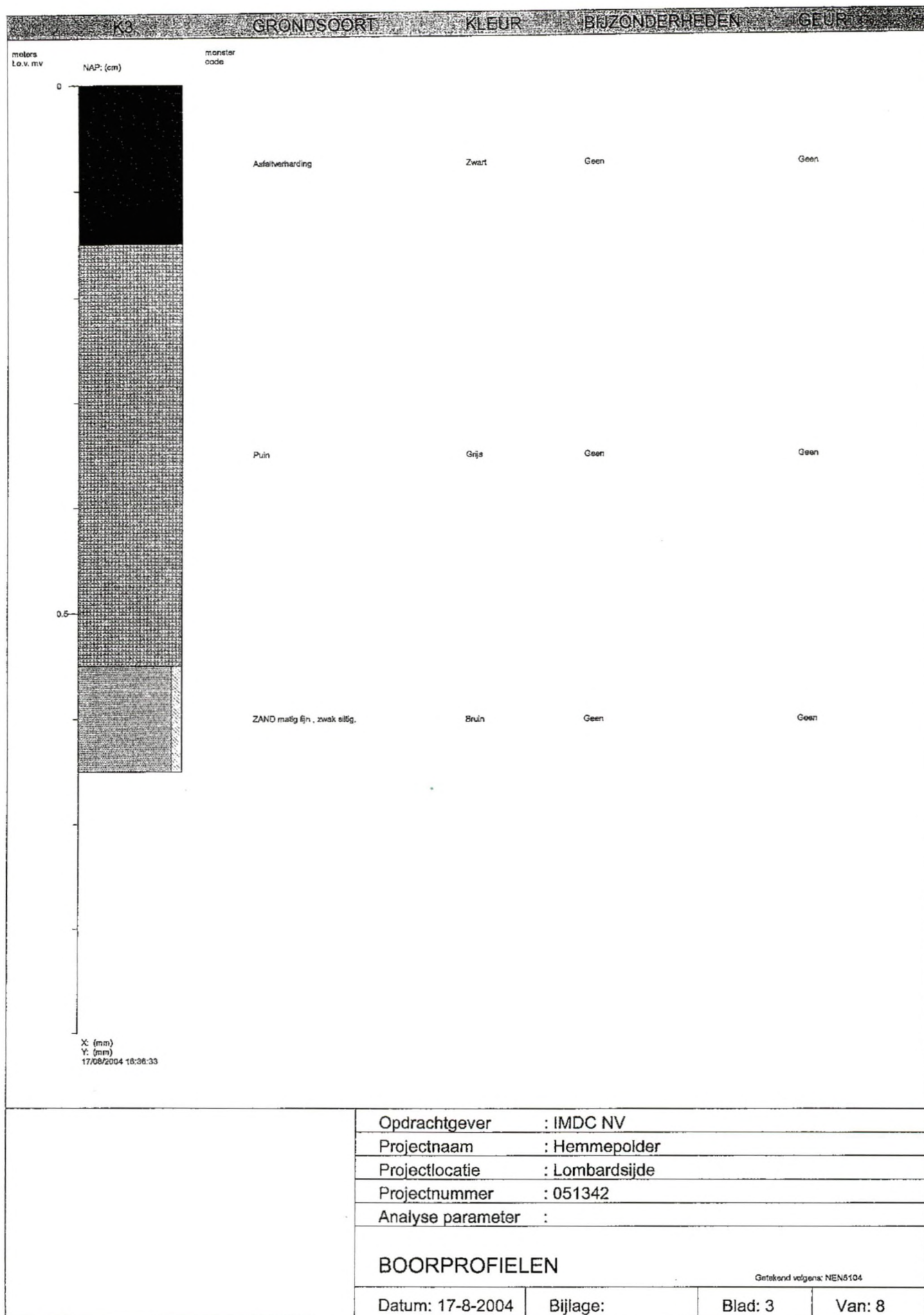
BIJLAGE:

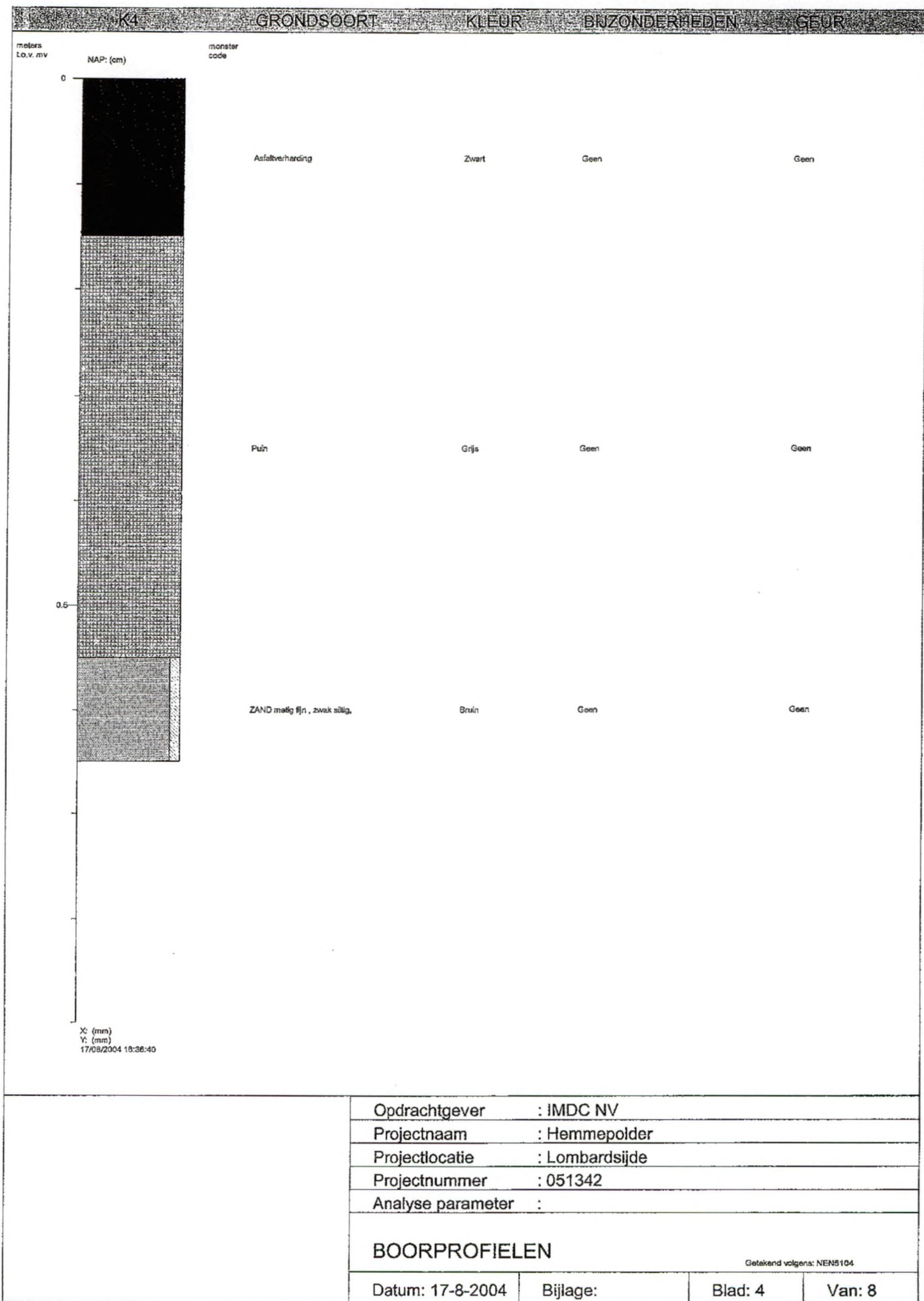
BLAD: 1

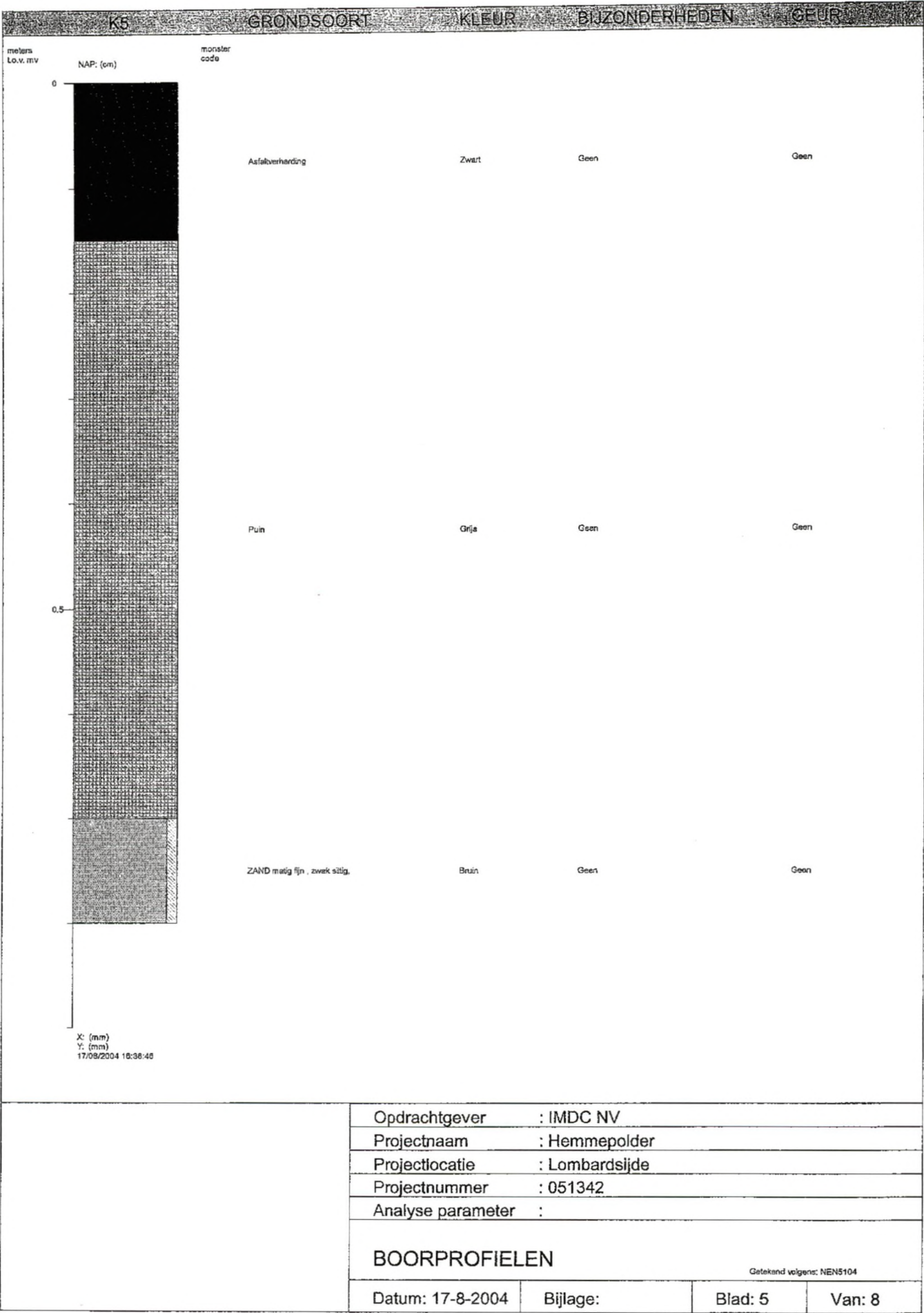
VAN: 1

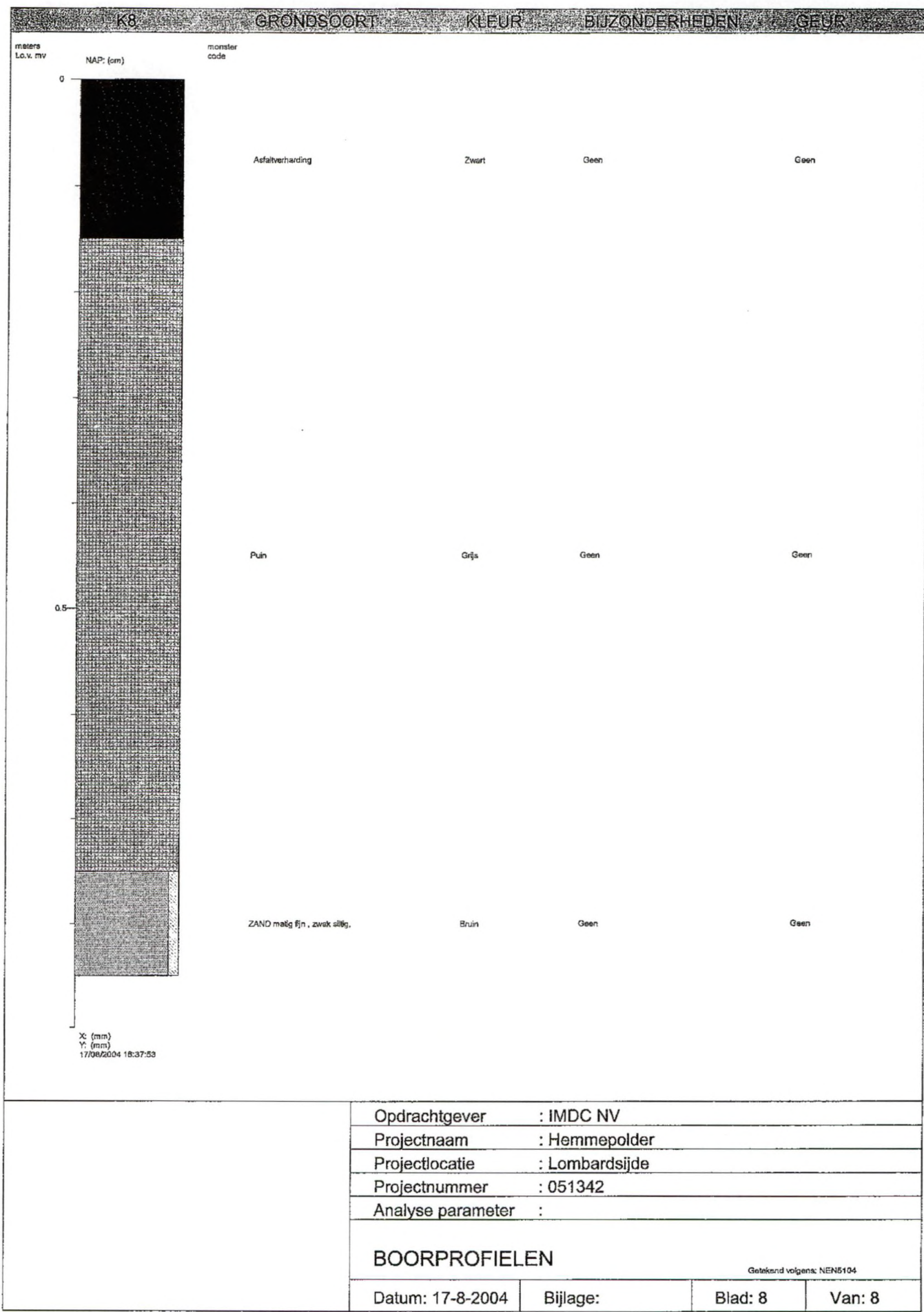














Boring kb12d36w-B32

| | | |
|---------------|--|------------------------------|
| Boring | | |
| Proefnummer: | kb12d36w-B32 | Aanvangsdatum: 26/11/1894 |
| X (mLambert): | 36736.1 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: onbekend |
| Y (mLambert): | 205139.5 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): 1.20 |
| Z (mTAW): | 3.75 (van topokaart) | |
| Gemeente: | NIEUWPOORT (NIEUWPOORT) | |
| Uitvoerder: | onbekend | |

lithologische beschrijving - 26/11/1894

| | | |
|---------|---|-----------------------|
| Auteur: | Mourlon M. (Belgische Geologische Dienst) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|---|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|----------------------------|
| 0.00 | 0.30 | Argile des polders |
| 0.30 | 1.20 | Sable quartzeux coquillier |

formele stratigrafie - 25/02/1998

| | | |
|---------|---|-----------------------|
| Auteur: | De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|---|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|---------------------|-----------------|
| 0.00 | 1.20 | Quartaire afzetting | onbekend |

informele stratigrafie - 26/11/1894

| | | |
|---------|---|-----------------------|
| Auteur: | Mourlon M. (Belgische Geologische Dienst) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|---|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--------------|
| 0.00 | 0.30 | alp1 |
| 0.30 | 1.20 | alr2s |



Boring kb12d36w-B33

Boring

| | | | |
|---------------|--|---------------------|------------|
| Proefnummer: | kb12d36w-B33 | Aanvangsdatum: | 26/11/1894 |
| X (mLambert): | 36355.7 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: | onbekend |
| Y (mLambert): | 205092.6 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): | 3.40 |
| Z (mTAW): | 3.75 (van topokaart) | | |
| Gemeente: | NIEUWPOORT (NIEUWPOORT) | | |
| Uitvoerder: | onbekend | | |
| Opmerking: | stalen | | |

lithologische beschrijving - 26/11/1894

| | | | |
|---------|---|------------------|------|
| Auteur: | Mourlon M. (Belgische Geologische Dienst) | Betrouwbaarheid: | goed |
|---------|---|------------------|------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--------------|
|--------|--------|--------------|

| | | |
|------|------|-------------------------------------|
| 0.00 | 0.40 | Argile des polders |
| 0.40 | 2.80 | Argile coquillière tourbeuse |
| 2.80 | 3.40 | Sable quartzeux bleuâtre coquillier |

formele stratigrafie - 25/02/1998

| | | | |
|---------|---|------------------|------|
| Auteur: | De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent) | Betrouwbaarheid: | goed |
|---------|---|------------------|------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--------------|
|--------|--------|--------------|

| | | |
|------|------|---------------------|
| 0.00 | 3.40 | Quartaire afzetting |
|------|------|---------------------|

| Betrouwbaarheid |
|-----------------|
|-----------------|

| |
|----------|
| onbekend |
|----------|

informele stratigrafie - 26/11/1894

| | | | |
|---------|---|------------------|------|
| Auteur: | Mourlon M. (Belgische Geologische Dienst) | Betrouwbaarheid: | goed |
|---------|---|------------------|------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--------------|
|--------|--------|--------------|

| | | |
|------|------|------|
| 0.00 | 0.40 | alp1 |
| 0.40 | 2.80 | alr2 |
| 2.80 | 3.40 | alr1 |



Boring kb12d36w-B90

Boring

| | | | |
|---------------|--|---------------------|------------|
| Proefnummer: | kb12d36w-B90 | Aanvangsdatum: | 01/09/1910 |
| X (mLambert): | 37150.5 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: | onbekend |
| Y (mLambert): | 203772.5 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): | 152.00 |
| Z (mTAW): | 4.00 (uit dossier) | | |
| Gemeente: | NIEUWPOORT (NIEUWPOORT) | | |
| Uitvoerder: | Behiels-(Lemmens)-Wetteren | | |
| Opmerking: | stalen | | |
| Opmerking: | opdrachtgever : "Les grès de Nieuport" | | |

lithologische beschrijving - 01/09/1910

| | | |
|---------|---|-----------------------|
| Auteur: | Mourlon M. (Belgische Geologische Dienst) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|---|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--|
| 0.00 | 1.00 | ? |
| 1.00 | 9.00 | Sable quartzeux, gris-blanchâtre |
| 9.00 | 10.70 | Argile grise |
| 10.70 | 12.20 | Sable quartzeux gris-blanchâtre |
| 12.20 | 17.00 | Argile grise |
| 17.00 | 23.00 | Sable gris-blanchâtre |
| 23.00 | 24.00 | Argile grise |
| 24.00 | 27.00 | Sable gris avec coquilles |
| 27.00 | 40.00 | Argile gris-verdâtre plastique |
| 40.00 | 140.00 | Argile grise. |
| 140.00 | 152.00 | Sable gris quartzeux légèrement argileux |

gecodeerde lithologie - 15/10/2001

| | | |
|---------|----------|-----------------------|
| Auteur: | (Envico) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|----------|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Kleur | Hoofdgrondsoort | Bijmenging |
|--------|--------|------------|-----------------|---------------------|
| 0.00 | 1.00 | onbekend | onbekend | |
| 1.00 | 9.00 | grijswit | zand | kwarts |
| 9.00 | 10.70 | grijs | klei | |
| 10.70 | 12.20 | grijswit | zand | |
| 12.20 | 17.00 | grijs | klei | |
| 17.00 | 23.00 | grijswit | zand | |
| 23.00 | 24.00 | grijs | klei | |
| 24.00 | 27.00 | grijs | zand | schelpen |
| 27.00 | 40.00 | grijsgroen | klei | |
| 40.00 | 140.00 | grijs | klei | |
| 140.00 | 152.00 | grijs | zand | kwarts, weinig klei |

formele stratigrafie - 25/02/1998

| | | |
|---------|---|-----------------------|
| Auteur: | De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|---|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|---|-----------------|
| 0.00 | 27.00 | Quartaire afzetting | goed |
| 27.00 | 40.00 | Lid van Aalbeke (Formatie van Kortrijk) | onbekend |
| 40.00 | 140.00 | Lid van Moen (Formatie van Kortrijk) tot Lid van Saint Maur (Formatie van Kortrijk) | onbekend |
| 140.00 | 152.00 | Groep van Landen | onbekend |



Boring kb12d36w-B90

informele stratigrafie - 01/09/1910

Auteur: Mourlon M. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--------------|
|--------|--------|--------------|

| | | |
|--------|--------|-----------------|
| 0.00 | 9.00 | Sable des Dunes |
| 9.00 | 10.70 | alp |
| 10.70 | 27.00 | alr |
| 27.00 | 140.00 | yc |
| 140.00 | 152.00 | Lld |

hydrostratigrafie - 21/09/2001

Auteur: (Envico)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Aquifer | Regime | Pakketnummer |
|--------|--------|---------|--------|--------------|
|--------|--------|---------|--------|--------------|

| | | | | |
|--------|--------|--|--|--|
| 0.00 | 9.00 | 0120 Duinen | | |
| 9.00 | 10.70 | 0131 Kleiige polderafzettingen van de kustvlakte | | |
| 10.70 | 12.20 | 0134 Zandige kreekruigen | | |
| 12.20 | 17.00 | 0135 Veen-kleiige poelgronden | | |
| 17.00 | 23.00 | 0000 Onbekend | | |
| 23.00 | 27.00 | 0161 Pleistoceen van de kustvlakte | | |
| 27.00 | 140.00 | 0920 Afzettingen van Kortrijk | | |
| 140.00 | 152.00 | 1010 Landeniaan Aquifersysteem | | |



Boring kb12d36w-B123

Boring

| | | | |
|---------------|--|---------------------|-------------|
| Proefnummer: | kb12d36w-B123 | Aanvangsdatum: | 01/09/1937 |
| X (mLambert): | 37107.1 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: | spoelboring |
| Y (mLambert): | 204140.6 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): | 27.00 |
| Z (mTAW): | 3.50 (van topokaart) | | |
| Gemeente: | NIEUWPOORT (NIEUWPOORT) | | |
| Uitvoerder: | Smet-Dessel | | |
| Opmerking: | stalen | | |
| Opmerking: | opdrachtgever : Koning Albert brug | | |

lithologische beschrijving - 01/09/1937

| | | |
|---------|---|-----------------------|
| Auteur: | Halet F. (Belgische Geologische Dienst) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|---|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|---|
| 1.00 | 4.00 | Grijze leemachtige klei |
| 4.00 | 5.00 | Fijn kwartsachtig grijs zand met Cardium edule |
| 5.00 | 7.00 | Kwartsachtig grijs zand met schelpen: Cardium, Donax, Tellina, Mactra |
| 7.00 | 8.00 | Grijs leemachtig klei |
| 8.00 | 9.00 | Fijn grijs zand met schelpen (Donax) |
| 9.00 | 11.00 | Leemachtig grijze klei met schelpen: Donax, Cardium |
| 11.00 | 17.00 | Grijs zand met schelpen: Cardium, Mactra |
| 17.00 | 18.00 | Leemachtige grijze klei |
| 18.00 | 20.00 | Fijn kwartsachtig zand met schelpen |
| 20.00 | 22.00 | Vaste grijze schelfferige klei |
| 22.00 | 23.00 | Grijs zand |
| 23.00 | 24.00 | Grijze klei |
| 24.00 | 27.00 | Kwartsachtig grijs zand met schelpen: Donax, Cardium, Mactra, Mya |
| 27.00 | 27.00 | Vaste grijze klei |

gecodeerde lithologie - 24/07/2001

| | | |
|---------|----------|-----------------------|
| Auteur: | (Envico) | Betrouwbaarheid: goed |
|---------|----------|-----------------------|

| Van(m) | Tot(m) | Kleur | Hoofdgrondsoort | Bijmenging |
|--------|--------|----------|-----------------|------------------|
| 1.00 | 4.00 | grijs | klei | leem |
| 4.00 | 5.00 | grijs | fijn zand | kwarts, schelpen |
| 5.00 | 7.00 | grijs | zand | kwarts, schelpen |
| 7.00 | 8.00 | grijs | klei | leem |
| 8.00 | 9.00 | grijs | fijn zand | schelpen |
| 9.00 | 11.00 | grijs | klei | leem, schelpen |
| 11.00 | 17.00 | grijs | zand | schelpen |
| 17.00 | 18.00 | grijs | klei | leem |
| 18.00 | 20.00 | onbekend | fijn zand | kwarts, schelpen |
| 20.00 | 22.00 | grijs | klei | |
| 22.00 | 23.00 | grijs | zand | |
| 23.00 | 24.00 | grijs | klei | |
| 27.00 | 27.00 | grijs | klei | |
| 24.00 | 27.00 | grijs | zand | kwarts, schelpen |

formeel stratigrafie - 25/02/1998

Boring kb12d36w-B123

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|--|-----------------|
| 0.00 | 27.00 | Quartaire afzetting | goed |
| 27.00 | 27.00 | Lid van Kortemark (Formatie van Tielt) | goed |

informele stratigrafie - 03/02/1938

Auteur: Halet F. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|------------------------|
| 0.00 | 27.00 | Holoceen en Plistoceen |
| 27.00 | 27.00 | Ieperiaan (Yc) |

hydrostratigrafie - 17/07/2001

Auteur: (Envico)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Aquifer | Regime | Pakketnummer |
|--------|--------|---------|---|--------------|
| 0.00 | 4.00 | 0131 | Kleiige polderafzettingen van de kustvlakte | |
| 4.00 | 7.00 | 0134 | Zandige kreekruigen | |
| 7.00 | 8.00 | 0135 | Veen-kleiige poelgronden | |
| 8.00 | 24.00 | 0000 | Onbekend | |
| 27.00 | 27.00 | 0920 | Afzettingen van Kortrijk | |
| 24.00 | 27.00 | 0161 | Pleistoceen van de kustvlakte | |



Boring kb12d36w-B123

Boring

Proefnummer: kb12d36w-B123 Aanvangsdatum: 01/09/1937
X (mLambert): 37107.1 (van topokaart - gedigitaliseerd) Uitvoeringsmethode: spoelboring
Y (mLambert): 204140.6 (van topokaart - gedigitaliseerd) Diepte (m): 27.00
Z (mTAW): 3.50 (van topokaart)
Gemeente: NIEUWPOORT (NIEUWPOORT)
Uitvoerder: Smet-Dessel
Opmerking: stalen
Opmerking: opdrachtgever : Koning Albert brug

lithologische beschrijving - 01/09/1937

Auteur: Halet F. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|---|
| 1.00 | 4.00 | Grijze leemachtige klei |
| 4.00 | 5.00 | Fijn kwartsachtig grijs zand met Cardium edule |
| 5.00 | 7.00 | Kwartsachtig grijs zand met schelpen: Cardium, Donax, Tellina, Mactra |
| 7.00 | 8.00 | Grijs leemachtig klei |
| 8.00 | 9.00 | Fijn grijs zand met schelpen (Donax) |
| 9.00 | 11.00 | Leemachtig grijze klei met schelpen: Donax, Cardium |
| 11.00 | 17.00 | Grijs zand met schelpen: Cardium, Mactra |
| 17.00 | 18.00 | Leemachtige grijze klei |
| 18.00 | 20.00 | Fijn kwartsachtig zand met schelpen |
| 20.00 | 22.00 | Vaste grijze schelfferige klei |
| 22.00 | 23.00 | Grijs zand |
| 23.00 | 24.00 | Grijze klei |
| 24.00 | 27.00 | Kwartsachtig grijs zand met schelpen: Donax, Cardium, Mactra, Mya |
| 27.00 | 27.00 | Vaste grijze klei |

gecodeerde lithologie - 24/07/2001

Auteur: (Envico)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Kleur | Hoofdgrondsoort | Bijmenging |
|--------|--------|----------|-----------------|------------------|
| 1.00 | 4.00 | grijs | klei | leem |
| 4.00 | 5.00 | grijs | fijn zand | kwarts, schelpen |
| 5.00 | 7.00 | grijs | zand | kwarts, schelpen |
| 7.00 | 8.00 | grijs | klei | leem |
| 8.00 | 9.00 | grijs | fijn zand | schelpen |
| 9.00 | 11.00 | grijs | klei | leem, schelpen |
| 11.00 | 17.00 | grijs | zand | schelpen |
| 17.00 | 18.00 | grijs | klei | leem |
| 18.00 | 20.00 | onbekend | fijn zand | kwarts, schelpen |
| 20.00 | 22.00 | grijs | klei | |
| 22.00 | 23.00 | grijs | zand | |
| 23.00 | 24.00 | grijs | klei | |
| 27.00 | 27.00 | grijs | klei | |
| 24.00 | 27.00 | grijs | zand | kwarts, schelpen |

formeel stratigrafie - 25/02/1998



Boring kb12d36w-B123

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|--|-----------------|
| 0.00 | 27.00 | Quartaire afzetting | goed |
| 27.00 | 27.00 | Lid van Kortemark (Formatie van Tielt) | goed |

informele stratigrafie - 03/02/1938

Auteur: Halet F. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|------------------------|
| 0.00 | 27.00 | Holoceen en Plistoceen |
| 27.00 | 27.00 | Ieperiaan (Yc) |

hydrostratigrafie - 17/07/2001

Auteur: (Envico)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Aquifer | Regime | Pakketnummer |
|--------|--------|--|--------|--------------|
| 0.00 | 4.00 | 0131 Kleiige polderafzettingen van de kustvlakte | | |
| 4.00 | 7.00 | 0134 Zandige kreekruigen | | |
| 7.00 | 8.00 | 0135 Veen-kleiige poelgronden | | |
| 8.00 | 24.00 | 0000 Onbekend | | |
| 27.00 | 27.00 | 0920 Afzettingen van Kortrijk | | |
| 24.00 | 27.00 | 0161 Pleistoceen van de kustvlakte | | |



Boring kb12d36w-B123

Boring

| | | | |
|---------------|--|---------------------|-------------|
| Proefnummer: | kb12d36w-B123 | Aanvangsdatum: | 01/09/1937 |
| X (mLambert): | 37107.1 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: | spoelboring |
| Y (mLambert): | 204140.6 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): | 27.00 |
| Z (mTAW): | 3.50 (van topokaart) | | |
| Gemeente: | NIEUWPOORT (NIEUWPOORT) | | |
| Uitvoerder: | Smet-Dessel | | |
| Opmerking: | stalen | | |
| Opmerking: | opdrachtgever : Koning Albert brug | | |

lithologische beschrijving - 01/09/1937

Auteur: Halet F. (Belgische Geologische Dienst) Betrouwbaarheid: goed

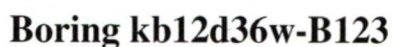
| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|---|
| 1.00 | 4.00 | Grijze leemachtige klei |
| 4.00 | 5.00 | Fijn kwartsachtig grijs zand met Cardium edule |
| 5.00 | 7.00 | Kwartsachtig grijs zand met schelpen: Cardium, Donax, Tellina, Mactra |
| 7.00 | 8.00 | Grijs leemachtig klei |
| 8.00 | 9.00 | Fijn grijs zand met schelpen (Donax) |
| 9.00 | 11.00 | Leemachtig grijze klei met schelpen: Donax, Cardium |
| 11.00 | 17.00 | Grijs zand met schelpen: Cardium, Mactra |
| 17.00 | 18.00 | Leemachtige grijze klei |
| 18.00 | 20.00 | Fijn kwartsachtig zand met schelpen |
| 20.00 | 22.00 | Vaste grijze schelferige klei |
| 22.00 | 23.00 | Grijs zand |
| 23.00 | 24.00 | Grijze klei |
| 24.00 | 27.00 | Kwartsachtig grijs zand met schelpen: Donax, Cardium, Mactra, Mya |
| 27.00 | 27.00 | Vaste grijze klei |

gecodeerde lithologie - 24/07/2001

Auteur: (Envico) Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Kleur | Hoofdgrondsoort | Bijmenging |
|--------|--------|----------|-----------------|------------------|
| 1.00 | 4.00 | grijs | klei | leem |
| 4.00 | 5.00 | grijs | fijn zand | kwarts, schelpen |
| 5.00 | 7.00 | grijs | zand | kwarts, schelpen |
| 7.00 | 8.00 | grijs | klei | leem |
| 8.00 | 9.00 | grijs | fijn zand | schelpen |
| 9.00 | 11.00 | grijs | klei | leem, schelpen |
| 11.00 | 17.00 | grijs | zand | schelpen |
| 17.00 | 18.00 | grijs | klei | leem |
| 18.00 | 20.00 | onbekend | fijn zand | kwarts, schelpen |
| 20.00 | 22.00 | grijs | klei | |
| 22.00 | 23.00 | grijs | zand | |
| 23.00 | 24.00 | grijs | klei | |
| 27.00 | 27.00 | grijs | klei | |
| 24.00 | 27.00 | grijs | zand | kwarts, schelpen |

formele stratigrafie - 25/02/1998



Betrouwbaarheid: goed

Betrouwbaarheid: goed

p.2



Boring kb12d36w-B125

| | | |
|---------------|--|---------------------------------|
| Boring | | |
| Proefnummer: | kb12d36w-B125 | Aanvangsdatum: 01/01/1937 |
| X (mLambert): | 37267.1 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: spoelboring |
| Y (mLambert): | 203921.1 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): 153.50 |
| Z (mTAW): | 6.00 (uit dossier) | |
| Gemeente: | NIEUWPOORT (NIEUWPOORT) | |
| Uitvoerder: | Vereecke-Heule | |
| Opmerking: | stalen | |

lithologische beschrijving - 01/01/1937

Auteur:Halet F. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|---|
| 0.00 | 4.00 | Grijs zand |
| 4.00 | 6.00 | Fijn kwartsachtig grijs zand |
| 6.00 | 8.00 | Grijs leem |
| 8.00 | 12.00 | Kwartsachtig grijs zand |
| 12.00 | 20.00 | Grijs leemachtig klei |
| 20.00 | 22.00 | Geel kwartsachtig zand |
| 22.00 | 24.00 | Kwartachtig grijs zand |
| 24.00 | 127.00 | Grijze klei |
| 127.00 | 134.00 | Grijs bruin zand |
| 134.00 | 139.00 | Zand en klei met brokken schelepen |
| 139.00 | 144.00 | Fijn grijs zand |
| 144.00 | 153.50 | Fijn kwartachtig grijs, glaukoniet zand |

formele stratigrafie - 25/02/1998

Auteur:De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|-----------------------|-----------------|
| 0.00 | 24.00 | Quartaire afzetting | goed |
| 24.00 | 134.00 | Formatie van Kortrijk | goed |
| 134.00 | 153.50 | Groep van Landen | goed |

informele stratigrafie - 22/08/1940

Auteur:Halet F. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|----------------------|
| 0.00 | 24.00 | Modern en Plistoceen |
| 24.00 | 131.00 | Ieperiaan |
| 131.00 | 140.50 | Landeniaan |



Boring kb12d36w-B135

Boring

Proefnummer: kb12d36w-B135
X (mLambert): 36578.9 (van topokaart - gedigitaliseerd)
Y (mLambert): 205876.2 (van topokaart - gedigitaliseerd)
Z (mTAW): 5.00 (uit dossier)
Gemeente: NIEUWPOORT (NIEUWPOORT)
Uitvoerder: Goddijn-Lichtervelde
Opmerking: opdrachtgever : M.A. DE WULF, Schorrestraat

Aanvangsdatum: 01/01/1960
Uitvoeringsmethode: spoelboring
Diepte (m): 10.00

formele stratigrafie - 25/02/1998

Auteur: De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent) Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|---------------------|-----------------|
| 0.00 | 10.00 | Quartaire afzetting | goed |

hydrostratigrafie - 17/07/2001

Auteur: (Envico) Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Aquifer | Regime | Pakketnummer |
|--------|--------|--------------------------------|--------|--------------|
| 0.00 | 10.00 | 0100 Quartaire aquifersystemen | | |



Boring kb12d36w-B136

Boring

| | | | |
|---------------|---|---------------------|-------------|
| Proefnummer: | kb12d36w-B136 | Aanvangsdatum: | 01/10/1965 |
| X (mLambert): | 37551.6 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: | spoelboring |
| Y (mLambert): | 205081.3 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): | 165.00 |
| Z (mTAW): | 5.00 (uit dossier) | | |
| Gemeente: | MIDDELKERKE (WESTENDE) | | |
| Uitvoerder: | Vyncke E.-Heule | | |
| Opmerking: | stalen | | |
| Opmerking: | opdrachtgever : Y.M.C.A. Inrichting Wetstraat | | |

lithologische beschrijving - 01/10/1965

Auteur: Gulinck M. & Paepe R. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|---|
| 0.00 | 0.50 | Humeus heteromorf zand. |
| 0.50 | 3.50 | Bleek grijs kalkrijk, leemhoudend, heteromorf zand. |
| 3.50 | 24.00 | Bleek grijs kalkrijk, leemhoudend, heteromorf zand. |
| | | 1/2 fijn zand, schelpengruis. |
| 24.00 | 134.00 | Harde klei. |
| 134.00 | 144.00 | Fijn bleek grijs zand met schelpen. |
| 144.00 | 159.00 | Fijn bleek grijs zand met schelpen. |
| | | enkele schelpen |
| 159.00 | 165.00 | Fijn bleek grijs zand met schelpen. |
| | | met klei vermengd |

formele stratigrafie - 25/02/1998

Auteur: De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|--|-----------------|
| 0.00 | 24.00 | Quartaire afzetting | goed |
| 24.00 | 134.00 | Lid van Kortemark (Formatie van Tielt) tot Formatie van Kortrijk | goed |
| 134.00 | 165.00 | Groep van Landen | goed |

informele stratigrafie - 19/08/1966

Auteur: Gulinck M. & Paepe R. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|------------------------|
| 0.00 | 24.00 | Holoceen + Pleistoceen |
| 24.00 | 144.00 | Ieperiaan |
| 144.00 | 165.00 | Landeniaan |



Boring kb12d36w-B165

Boring

Proefnummer: kb12d36w-B165
X (mLambert): 36491.0 (van topokaart - gedigitaliseerd)
Y (mLambert): 206336.9 (van topokaart - gedigitaliseerd)
Z (mTAW): 6.35 (uit dossier)
Gemeente: NIEUWPOORT (NIEUWPOORT)
Uitvoerder: Smet-Dessel
Opmerking: opdrachtgever : Militair Kamp

Aanvangsdatum: 01/09/1985
Uitvoeringsmethode: gestoken boring
Diepte (m): 24.00

lithologische beschrijving - 01/09/1985

Auteur: Baeteman C. (Belgische Geologische Dienst) Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Beschrijving

| | | |
|-------|-------|--------------------------------|
| 0.00 | 5.00 | grijs zand |
| 5.00 | 11.00 | grijs zand |
| 11.00 | 15.00 | grijs zand, weinig kalkhoudend |
| 15.00 | 22.50 | grijs zand met schelpen |
| 22.50 | 24.00 | groengrijze kompakte klei |

gecodeerde lithologie - 23/07/2001

Auteur: (Envico) Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Kleur Hoofdgrondsoort Bijmenging

| | | | | |
|-------|-------|------------|------|-------------|
| 0.00 | 5.00 | grijs | zand | |
| 5.00 | 11.00 | grijs | zand | |
| 11.00 | 15.00 | grijs | zand | weinig kalk |
| 15.00 | 22.50 | grijs | zand | schelpen |
| 22.50 | 24.00 | groengrijs | klei | |

formele stratigrafie - 25/02/1998

Auteur: De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent) Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Beschrijving

| | | |
|-------|-------|--|
| 0.00 | 22.50 | Quartaire afzetting |
| 22.50 | 24.00 | Lid van Kortemark (Formatie van Tielt) |

Betrouwbaarheid

goed
onbekend

informele stratigrafie - 01/09/1985

Auteur: Baeteman C. (Belgische Geologische Dienst) Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Beschrijving

| | | |
|-------|-------|----------------------|
| 0.00 | 22.50 | Kwartair |
| 22.50 | 24.00 | Tertiair (Ieperiaan) |

hydrostratigrafie - 17/07/2001

Auteur: (Envico) Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Aquifer Regime Pakketnummer

| | | | |
|-------|-------|------|---------------------------|
| 0.00 | 22.50 | 0100 | Quartaire aquifersystemen |
| 22.50 | 24.00 | 0900 | Ieperiaan aquitardsysteem |



Boring kb12d36w-B166

Boring

| | | | |
|---------------|--|---------------------|-----------------|
| Proefnummer: | kb12d36w-B166 | Aanvangsdatum: | 01/09/1985 |
| X (mLambert): | 38164.2 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: | gestoken boring |
| Y (mLambert): | 205437.8 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): | 26.00 |
| Z (mTAW): | 5.73 (uit dossier) | | |
| Gemeente: | MIDDELKERKE (WESTENDE) | | |
| Uitvoerder: | Smet-Dessel | | |

lithologische beschrijving - 01/09/1985

Auteur: Baeteman C. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Beschrijving

| | | |
|------|------|--|
| 0.00 | 0.40 | diepte: 0.00 - 0.40 kleur : Geelbruin tot bleekbruin textuur : fijn zand, iets humeus CaCO ₃ : -- grens : humus vermindert kenmerken:- veel recente plantenwortels - enkele venige insluitsels |
| 0.40 | 0.68 | diepte : 0.40 - 0.68 kleur : Bleekbruin-grijs textuur : Fijn tot zeer fijn zand CaCO ₃ : -- grens : (gemist in buis) kenmerken:enkele recente wortels. - enkele humeuse vlekken |
| 1.00 | 1.57 | diepte : 1.00 - 1.57 kleur : Bleekgrijs-geel textuur : fijn zand CaCO ₃ : W zeer weinig tot grens : kenmerken:- kleilig wenig en kleilig humeuse griele insluitsels aan top - enkele veg. wortels en -doorgroeiingen - aan basis : |
| 1.57 | 1.65 | diepte : 1.57 - 1.65 kleur : Bruingrijs textuur : fijn zand, iets humeus brokken (veraard) veen CaCO ₃ : - grens : (gemist in buis) kenmerken:vegetatieresten |



Boring kb12d36w-B166

Van(m) Tot(m) Beschrijving

| | | |
|------|------|--|
| 2.00 | 2.47 | diepte : 2.00 - 2.47 kleur : Bleekgeel = 2.26: bleekgrijs textuur : fijn zand CaCO ₃ : W geleidelijk + grens : gevormd door kleiig laagje kenmerken:plantenresten, vnl. rond 2.15, sporadisch kleine veenbrokjes rond 2.45 : grote veenbr |
| 2.47 | 3.13 | diepte : 2.47 - 3.13 kleur : grijs textuur : fijn zand met veel (eerder onregelmatig) kleiiger zones naar onder toe enkele kleine kleilensjes CaCO ₃ : + grens : scherp, scheef kenmerken:veel schelpfragmentjes (tamelijk broos maar mar |
| 3.13 | 3.31 | diepte : 3.13 - 3.31 kleur : Zwartgrijs (red.) geleidelijk grijs textuur : kleiig fijn zand fijn zand (bioturbatie planten? dieren?) CaCO ₃ : tamelijk scherp kenmerken:weinig zeer fijn schelpgruis |
| 3.31 | 3.40 | diepte : 3.31 - 3.40 kleur : Donkergrijs geleidelijk grijs textuur : sterk kleiig fijn zand (bioturbatie) fijn zand CaCO ₃ : + grens : scherp kenmerken:weinig zeer fijn schelpgruis |
| 3.40 | 3.55 | diepte : 3.40 - 3.55 kleur : Grijs textuur : regelm. horizont. afwisseling, mm en cm gelaagd (laagjes en lenzen) fijn zand en klei CaCO ₃ : scherp kenmerken:weinig zeer fijn schelpgruis |
| 3.55 | 4.38 | diepte : 3.55 - kleur : grijs textuur : fijn zand met laagjes en lenzen en onregelm. zones (bioturb.) van sterk kleiig fijn zand t. 4.00-4.16: hoofdzakelijk kleiig met enkele dunne kleilaagjes 4.16-4.28 : oorspronkeli |



Boring kb12d36w-B166

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--------------|
|--------|--------|--------------|

| | | |
|------|------|----------------------|
| 4.38 | 4.81 | diepte : 4.38 - 4.81 |
|------|------|----------------------|

kleur : grijs

textuur : fijn tot zeer fijn zand

Vanaf 4.68 : met kleiige lenzen en laminae en enkele

veenspikkeltjes

CaCO₃ : +

grens : scherp

kenmerken:(geen structuur)

- enkele platte klei

| | | |
|------|------|-----------------|
| 4.81 | 5.41 | diepte : 4.81 - |
|------|------|-----------------|

kleur : Grijs

textuur : Kleiig zeer fijn zand,

Klei is niet homogeen gemengd, nog enkele kleine kleilenzen

CaCO₃ : +

grens :

kenmerken:- enkele Cardiumhelften op grens

- zeer weinig fijn schelpgruis

| | | |
|------|------|----------------------|
| 5.41 | 6.30 | diepte : 5.14 - 6.30 |
|------|------|----------------------|

kleur: Grijs

textuur : zeer fijn zand

lokaal iets kleiig

af en toe kleiflaser en brokje zandige klei waarin veen

restjes op 5.73 : veendetritus en veel zeer fijn schelpgruis

g

| | | |
|------|------|-----------------|
| 6.30 | 7.30 | diepte : 6.30 - |
|------|------|-----------------|

kleur : Grijs (natte kleur was donkergr. voor de klei)

textuur : Regelm. afwisseling van beds (ongeveer 10 cm dik) van:

- zeer fijn zand

- slappe klei in gebioturbeerde laminae (cm dik) met

dunne fij

| | | |
|------|------|----------------------|
| 7.30 | 8.00 | diepte : 7.30 - 8.00 |
|------|------|----------------------|

kleur : grijs (natte kleur van klei = donkergrijs)

textuur : Zeer fijn zand met beds van kleiig zeer fijn zand

waarin enkele dikke kleilaminae (met bioturbatieverstoringen).

CaCO₃ : +

grens :

kenmerken:- sporadisc



Boring kb12d36w-B166

Van(m) Tot(m) Beschrijving

| | | |
|-------|-------|---|
| 8.00 | 9.20 | diepte : 8.00 - 9.20 kleur : Grijs (natte kleur = donkergrijs) textuur : regelmatige afwisseling van beds van : - zeer fijn zand (ongeveer 5 cm dik) - fijnzandige klei die gradueel kleiiger wordt naar onder toe met |
| 9.20 | 9.90 | diepte : 9.20 - 9.90 kleur : Grijs (nat = zwart grijs) textuur : klei en fijn zand zeer onregelmatig gemengd met zeer duidelijke bioturbatiesporen CaCO ₃ : + grens : kenmerken:schelpfragmentjes (hoge graad van bioturbatie) |
| 9.90 | 12.20 | diepte : 9.90 - 12.20 kleur : Grijs (nat = zwart-grijs) vanaf 11.00 : natte klei = zwart textuur : kleilaminae (dik en dun) en fijn zand, afwisselend, maar niet zeer regelmatig af en toe bed waarin klei/zand volledig |
| 12.20 | 13.20 | diepte : 12.20 - 13.20 kleur : grijs (nat = zwart) textuur : klei en fijn zand zeer onregelmatig gemengd door intense bioturbatie af en toe nog oorspronkelijk klei/zand afw. laminatie en enkele kleibeds (ongeveer 5 cm); |
| 13.20 | 13.80 | diepte : 13.20 - 13.80 kleur : Grijs textuur : fijn zand bovenaan nog enkele gebioturbeerde kleilaminae t. 13.45-13.56 : kleiig fijn zand met sterk gebioturbeerde kleizones t. 13.73-13.80 : fijnzandige kle |
| 13.80 | 14.53 | diepte : 13.80 - 14.53 kleur : grijs textuur : fijn zand lokaal iets kleiiger zones CaCO ₃ : + grens : kenmerken:weinig zeer fijn schelpgruis |



Boring kb12d36w-B166

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--|
| 14.53 | 16.30 | diepte : 14.53 - 16.30 kleur : Grijs textuur : fijn zand talrijke onregelmatige brokjes en enkele dunne lenzen klei waarin soms veendetritus (die soms gebioturbeerd zijn) CaCO3 : + grens : kenmerken:Zeer weinig zeer fijn sc |
| 16.30 | 16.65 | diepte : 16.30 - 16.65 kleur : grijs textuur : fijn zand talrijke hor. gel. dikke kleilagen (ongeveer 2 cm tot 0,5 cm) die naar onder toe dunner en minder frequent worden (iets golvend) en sommige met veendetritus in |
| 16.65 | 16.85 | diepte : 16.65 - 16.85 kleur : Grijs textuur : fijn zand sporadisch kleilensje - of bolletje CaCO3 : + grens : kenmerken:weinig fijn schelpgruis |
| 16.85 | 17.15 | diepte : 16.85 - 17.15 kleur : Grijs textuur : onregelmatig (scheef) afwisseling van fijn zand en grillige kleilaminae, bestaande uit een aaneenschakeling van platte kleibrokjes CaCO3 : + grens : kenmerken:- schelpfragment |
| 17.15 | 19.63 | diepte : 17.15 - 19.63 kleur : Grijs textuur : Fijn zand ts. 17.65-17.75 : enkele brokjes klei (plat, grillig, scheef en recht) wanordelijk door mekaar 18.12-18.17 : iets silteuzere zone waarin zeer dun sch |



Boring kb12d36w-B166

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--------------|
|--------|--------|--------------|

| | | |
|-------|-------|------------------------|
| 19.63 | 20.13 | diepte : 19.63 - 20.13 |
|-------|-------|------------------------|

kleur : Grijs

textuur : platte kleibrokken wanordelijk door mekaar met fijn

zand tussen veendetritus in de klei aan basis : zand

met veel schelpfragmenten

CaCO₃ : klei : W

zand : +

grens :

| | | |
|-------|-------|------------------------|
| 20.13 | 20.20 | diepte : 20.13 - 20.20 |
|-------|-------|------------------------|

kleur : Grijs

textuur : kleilaminae (iets golvend, en onder- en bovengrens, met

veendetritus in) afwisselend met (cm-gel.) kleilig fijn

zandlaminae

CaCO₃ : +

grens :

kenmerken: kleine veenbrokjes geconc

| | | |
|-------|-------|------------------------|
| 20.20 | 20.72 | diepte : 20.20 - 20.72 |
|-------|-------|------------------------|

kleur : Grijs

textuur : fijn zand

met talrijke beds gevormd door talrijke grillige

(waarsch. bioturb.) kleilenzen

CaCO₃ : +

grens :

kenmerken:- weinig zeer fijn schelpgruis

enkele onregelm.

| | | |
|-------|-------|---------------|
| 20.72 | 21.00 | diepte: 20.72 |
|-------|-------|---------------|

kleur: Grijs

textuur: regelmatig horizontaal gel., mm-gelaagd, afwisseling van

van klei/fijn zand

CaCO₃: +

grens:

kenmerken:- naar onder toe veendetritus in klei

20.82: gerold veenbrokje

-



Boring kb12d36w-B166

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--|
| 21.00 | 21.51 | diepte : 21.00 - 21.51 kleur : grijs textuur : fijn zand in bovenste 10 cm : kleilagen (cm dik, waarin veendetritus), lenzen van veendetritus, -> kleinere grillige kleibrokken CaCO3 : + grens : kenmerken:- dieper : sporadis |
| 22.00 | 22.27 | diepte : 22.00 - 22.27 kleur : Muizegrijs textuur : kleibrokken met weinig fijn zand tussen en zeer veel schelpen CaCO3 : + grens : kenmerken:Cardium, Macona, Donax Vanaf 22.17 : alleen, en minder, schelpfragmenten |
| 22.27 | 23.00 | diepte : 22.27 - 23.00 kleur : Zand= bleekgrijs klei: muizegrijs textuur : fijn zand met zeer veel platte (afgeknot opzij) kleilenzen grillig, kriskras door elkaar (platte kleibrokken) (en 1 cm tot 8 cm lang) |
| 23.00 | 23.25 | diepte : 23.00 - 23.25 kleur : Grijs textuur : heterogeen pakket van zandige klei en groengrijze kleibrokken en veel schelpfragmentjes (vast in de klei) ook met verweerde schelpjes 23.13-23.17 : kompakte veenb |
| 23.25 | 24.00 | diepte : 23.25- kleur : muizegrijs textuur : zeer regelm. & horizon. gelaagheid van dikke (3 à 5 cm) kleibeds met dunne (1 cm) zeer fijn zand vanaf 23.83 : gelaagdheid wordt mm-afw. fijn zand/klei althoewel klei nog st |



Boring kb12d36w-B166

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|---|
| 24.00 | 24.95 | diepte : 24.00 - 24.95 kleur : Muizegrijs textuur : onregelmatige afwisseling ongeveer hor. gel., klei/fijn zand enkele laagjes veenmateriaal en onderaan enkele veenbrokjes enkele platte brokjes compacte klei Vanaf 2 |
| 24.95 | 25.08 | diepte : 24.95 - 25.08 kleur : Bruingroen textuur : heterogeen pakket platte brokken Yc-klei gemengd met slappe zandige klei ->vermindert naar onder toe -> Yc klei gemengd met zand (schelpjes + kleien) |
| 25.08 | 26.00 | CaC diepte : 25.08 - kleur : grijsgroen textuur : zware compacte klei bovenaan dunne siltlenzen |

gecodeerde lithologie - 05/08/2001

Auteur: (Envico)

Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Kleur | Hoofdgrondsoort | Bijmenging |
|--------|--------|------------|-----------------|--|
| 0.00 | 0.40 | bruingeel | fijn zand | weinig humus, plantenresten |
| 0.40 | 0.68 | lichtbruin | fijn zand | plaatselijk weinig humus, plantenresten |
| 1.00 | 1.57 | grijsgeel | fijn zand | weinig carbonaatfragmenten, klei, veen |
| 1.57 | 1.65 | bruingrijs | fijn zand | plaatselijk veen, humus, plantenresten |
| 2.00 | 2.47 | geelgrijs | fijn zand | weinig carbonaatfragmenten, plaatselijk klei, plantenresten |
| 2.47 | 3.13 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, carbonaatfragmenten, veel schelpfragmenten |
| 3.13 | 3.31 | grijswit | fijn zand | klei, carbonaatfragmenten, weinig schelpgruis |
| 3.31 | 3.40 | grijswit | fijn zand | veel klei, carbonaatfragmenten, weinig schelpgruis |
| 3.40 | 3.55 | grijs | fijn zand | klei, weinig schelpgruis |
| 3.55 | 4.38 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei |
| 4.38 | 4.81 | grijs | fijn zand | plaatselijk veen, carbonaatfragmenten, plaatselijk klei |
| 4.81 | 5.41 | grijs | fijn zand | klei, carbonaatfragmenten, weinig schelpgruis |
| 5.41 | 6.30 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, plaatselijk veen, veel schelpgruis |
| 6.30 | 7.30 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei |
| 7.30 | 8.00 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, carbonaatfragmenten |
| 8.00 | 9.20 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei |
| 9.20 | 9.90 | grijs | klei | fijn zand, carbonaatfragmenten, schelpfragmenten |
| 9.90 | 12.20 | grijs | klei | plaatselijk fijn zand |
| 12.20 | 13.20 | grijs | klei | fijn zand |
| 13.20 | 13.80 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei |
| 13.80 | 14.53 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, carbonaatfragmenten, weinig schelpgruis |



Boring kb12d36w-B166

| Van(m) | Tot(m) | Kleur | Hoofdgrondsoort | Bijmenging |
|--------|--------|------------|-----------------|--|
| 14.53 | 16.30 | grijs | fijn zand | plaatselijk veen, carbonaatfragmenten, weinig schelpen |
| 16.30 | 16.65 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, plaatselijk veen |
| 16.65 | 16.85 | grijs | fijn zand | plaatselijk weinig klei, carbonaatfragmenten, weinig schelpgruis |
| 16.85 | 17.15 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, carbonaatfragmenten, schelpfragmenten |
| 17.15 | 19.63 | grijs | fijn zand | plaatselijk weinig klei, silt, schelpen |
| 19.63 | 20.13 | grijs | klei | fijn zand, plaatselijk veen, veel schelpfragmenten |
| 20.13 | 20.20 | grijs | klei | plaatselijk veen, fijn zand, carbonaatfragmenten |
| 20.20 | 20.72 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, carbonaatfragmenten, weinig schelpgruis |
| 20.72 | 21.00 | grijs | fijn zand | klei, carbonaatfragmenten, plaatselijk veen |
| 21.00 | 21.51 | grijs | fijn zand | plaatselijk klei, plaatselijk veen, carbonaatfragmenten |
| 22.00 | 22.27 | lichtgrijs | klei | weinig fijn zand, veel schelpen, carbonaatfragmenten |
| 22.27 | 23.00 | lichtgrijs | fijn zand | plaatselijk klei |
| 23.00 | 23.25 | grijs | klei | zand, veel schelpfragmenten, schelpen |
| 23.25 | 24.00 | lichtgrijs | klei | fijn zand |
| 24.00 | 24.95 | lichtgrijs | klei | fijn zand, plaatselijk veen |
| 24.95 | 25.08 | bruingroen | klei | schelpen |
| 25.08 | 26.00 | grijsgroen | klei | plaatselijk silt |

formele stratigrafie - 25/02/1998

Auteur: De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent) Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|--|-----------------|
| 0.00 | 25.08 | Quartaire afzetting | goed |
| 25.08 | 26.00 | Lid van Kortemark (Formatie van Tielt) | onbekend |

informele stratigrafie - 24/04/1986

Auteur: Baeteman C. (Belgische Geologische Dienst) Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--|
| 19.63 | 20.13 | energieke erosielaag |
| 22.27 | 23.00 | erosie v. kleipakket hier terug in brokken afgezet |
| 23.00 | 26.00 | Yc |

hydrostratigrafie - 17/07/2001

Auteur: (Envico) Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Aquifer | Regime | Pakketnummer |
|--------|--------|------------------------------------|--------|--------------|
| 0.00 | 1.57 | 0120 Duinen | | |
| 1.57 | 9.90 | 0135 Veen-kleiige poelgronden | | |
| 9.90 | 19.63 | 0000 Onbekend | | |
| 19.63 | 25.08 | 0161 Pleistoceen van de kustvlakte | | |
| 25.08 | 26.00 | 0920 Afzettingen van Kortrijk | | |



Boring kb12d36w-B179

Boring

| | | | |
|---------------|--|---------------------|--------------|
| Proefnummer: | kb12d36w-B179 | Aanvangsdatum: | 01/01/1922 |
| X (mLambert): | 35981.0 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Uitvoeringsmethode: | droge boring |
| Y (mLambert): | 204400.6 (van topokaart - gedigitaliseerd) | Diepte (m): | 149.00 |
| Z (mTAW): | 4.00 (uit dossier) | | |
| Gemeente: | NIEUWPOORT (NIEUWPOORT) | | |
| Uitvoerder: | Detroy-Brussel | | |
| Opmerking: | stalen | | |
| Opmerking: | opdrachtgever : Teuninckx | | |

lithologische beschrijving - 02/05/1922

Auteur: Halet F. (Belgische Geologische Dienst)

Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Beschrijving

| | | |
|-------|-------|---|
| 0.00 | 1.70 | ? |
| 1.70 | 3.50 | Sable gris avec nombreuses coquilles (Donax, Cardium edule) |
| 3.50 | 4.50 | Sable gris avec nombreuses coquilles (Donax, Cardium edule) |
| | | glauconifère |
| 4.50 | 5.60 | Sable gris avec parties argileuses |
| 5.60 | 6.50 | Sable gris avec parties argileuses |
| | | avec nombreux Cardium edule |
| 6.50 | 7.40 | Sable gris assez fin, avec Cardium edule |
| 7.40 | 8.50 | Argile grise avec Donax |
| 8.50 | 11.50 | Sable gris, quartzeux avec Donax, Tellina, Cardium edule |
| 11.50 | 12.50 | Sable gris, quartzeux avec Donax, Tellina, Cardium edule |
| | | avec parties un peu argileuses |
| 12.50 | 13.50 | Sable quartzeux gris avec nombreux Donex et Cardium edule |
| 13.50 | 15.50 | Argile un peu limoneuse grise |
| 15.50 | 16.50 | Sable gris avec quelques Cardium edule |
| 16.50 | 17.25 | Sable gris, quartzeux, avec rares débris de Cardium et Donax et de Mytilus edulus |
| 17.25 | 18.15 | Argile grisâtre un peu limoneuse |
| 18.15 | 20.30 | Argile sableuse grise, avec traces de coquilles |
| 20.30 | 25.50 | Sable très quartzeux gris, avec débris de coquilles broyées |
| 25.50 | 27.50 | Sable très quartzeux gris, avec débris de coquilles broyées |
| | | avec débris de Donax |
| 27.50 | 28.40 | Sable très quartzeux gris, finement glauconifère |
| 28.40 | 30.50 | Argile gris brunâtre plastique |



Boring kb12d36w-B179

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|--|
| 30.50 | 132.00 | Argile plastique grise |
| 132.00 | 140.00 | Argile brunâtre un peu sableuse |
| 140.00 | 142.00 | Sable argileux brunâtre avec traces de coquilles |
| 142.00 | 144.00 | Sable gris avec nombreux débris de coquilles indéterminables |
| 144.00 | 146.00 | Sable gris verdâtre, glauconifère, avec rares débris ligniteux et rares débris de coquilles peu déterminables, rappelant Cyrena |
| 146.00 | 147.00 | Sable gris, avec débris de lignite et argile, avec nombreux débris de coquilles (Cyrena, Melania) |
| 147.00 | 149.40 | Sable gris, avec débris de lignite et argile, avec nombreux débris de coquilles (Cyrena, Melania) avec rares débris de coquilles |
| 149.40 | 149.40 | Sable gris, avec débris de lignite et argile, avec nombreux débris de coquilles (Cyrena, Melania) avec rares débris de coquilles Débris d'argile roulée et nombreux débris de coquilles (Ostrea, Cyrena provenant du nettoyage du trou de sonde) |

formele stratigrafie - 25/02/1998

Auteur: De Ceukelaire Marleen (Universiteit Gent) Betrouwbaarheid: goed

| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving | Betrouwbaarheid |
|--------|--------|--|-----------------|
| 0.00 | 28.40 | Quartaire afzetting | goed |
| 28.40 | 29.50 | Lid van Kortemark (Formatie van Tielt) | goed |
| 29.50 | 140.00 | Formatie van Kortrijk | goed |
| 140.00 | 149.40 | Groep van Landen | goed |

informele stratigrafie - 02/05/1922

Auteur: Halet F. (Belgische Geologische Dienst) Betrouwbaarheid: goed

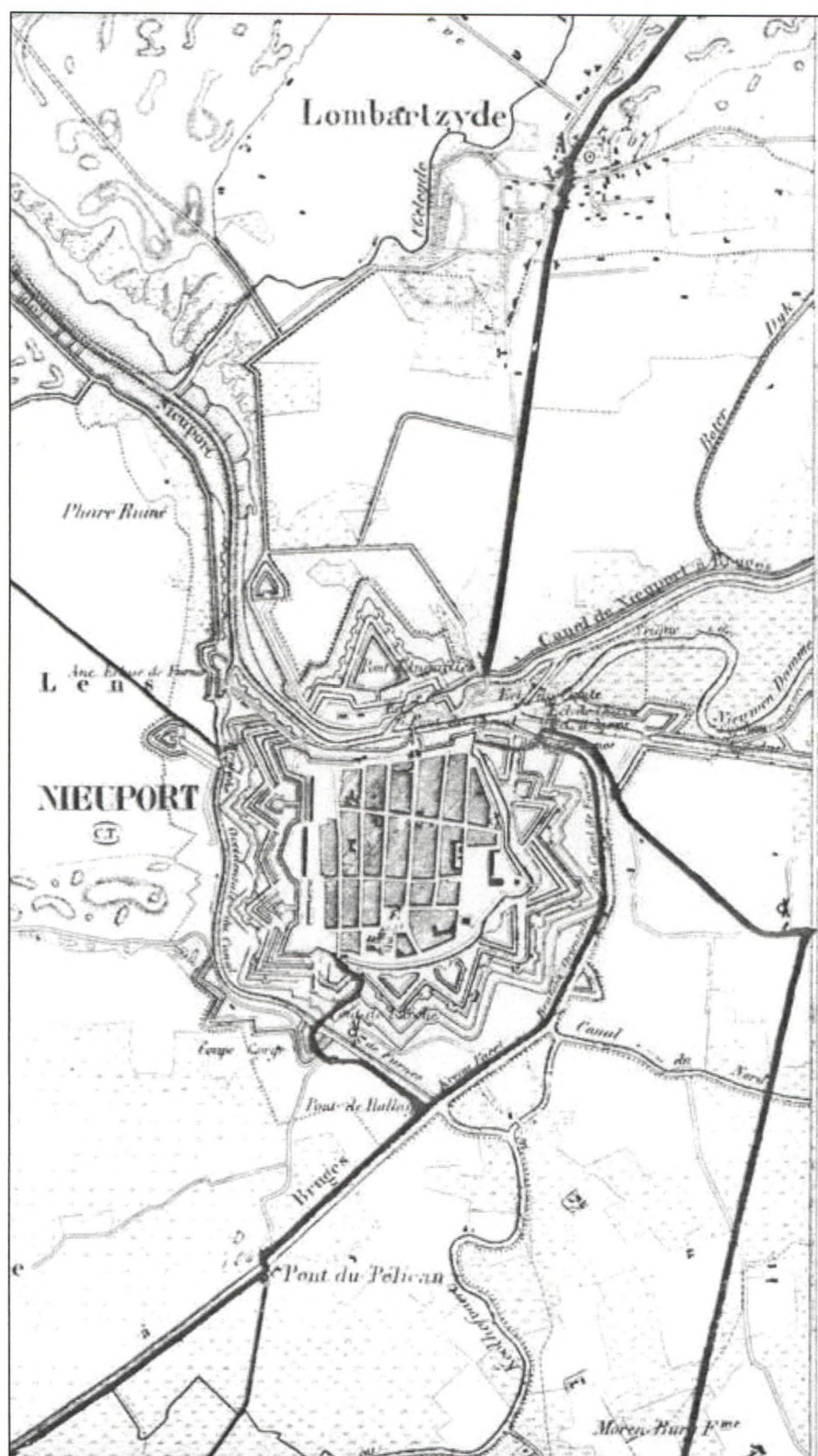
| Van(m) | Tot(m) | Beschrijving |
|--------|--------|------------------------------|
| 0.00 | 28.40 | Dépôts de la plaine maritime |
| 28.40 | 140.00 | Yc |
| 140.00 | 149.40 | Landenien |

BIJLAGE 2

HISTORISCHE KAARTEN



kaart a: kaart van Ferraris



kaart b: Ph. Vandermaelen



kaart c: dépôt de la guerre



BIJLAGE 3

INVENTARISATIE FLORA EN FAUNA



figuur a: ligging duinwei-habitat

| Bijlage 3. Florawaarnemingen (21 april 2004) in de Hemmepolder, aangevuld met vroegere waarnemingen (alleen mossen die te velde herkenbaar zijn, worden vermeld in de lijst) | | | | | | | | Ellenberg-indicatorgetal | | | | | |
|---|----------------|------|-------|-------|-----------|---------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | F: vochtigheid R: zuurtegraad (pH) N: voedselrijkdom S: zouttolerantie | | | | | |
| geslacht | soortepitheton | berm | oever | akker | polderwei | duinwei | Nederlandse naam | F | ~ | = | R | N | S |
| vaatplanten | | | | | | | | | | | | | |
| Achillea | millefolium | 1 | | | | 1 | Duizendblad | 4 | | | x | 5 | 1 |
| Agrostis | capillaris | | | | | 1 | Fijn struisgras | x | | | 4 | 4 | 0 |
| Agrostis | stolonifera | 1 | | | 1 | 1 | Fioringras | 7 | ~ | | x | 5 | 0 |
| Allium | vineale | 1 | | | | | Kraailook | 4 | | | x | 7 | 0 |
| Anthriscus | sylvestris | 1 | | 1 | 1 | | Fluitekruid | 5 | | | x | 8 | 0 |
| Arenaria | serpyllifolia | | | | | 1 | Zandmuur | 4 | | | 7 | x | 0 |
| Arrhenatherum | elatius | 1 | | | | | Glanshaver | x | | | 7 | 7 | 0 |
| Artemisia | vulgaris | 1 | | | 1 | | Bijvoet | 6 | | | x | 8 | 0 |
| Bellis | perennis | 1 | | | 1 | 1 | Madeliefje | 5 | | | x | 6 | 0 |
| Capsella | bursa-pastoris | 1 | | | | | Gewoon herderstasje | 5 | | | x | 6 | 0 |
| Cardamine | hirsuta | 1 | | 1 | | | Kleine veldkers | 5 | | | 5 | 7 | 0 |
| Cardaria | draba | 1 | | | | | Pijlkruidkers | 3 | | | 8 | 4 | 0 |
| Carex | arenaria | | | | | 1 | Zandzegge | 3 | | | 2 | 2 | 1 |
| Carex | hirta | 1 | | | | 1 | Ruige zegge | 6 | ~ | | x | 5 | 0 |
| Centaurea | jacea | 1 | | | 1 | 1 | Knoopkruid | 3 | | | 8 | 4 | 0 |
| Cerastium | arvense | | | | | 1 | Akkerhoornbloem | 4 | | | 6 | 4 | 0 |
| Cerastium | fontanum | 1 | | | 1 | 1 | Gewone hoornbloem | 5 | | | 5 | 5 | 0 |
| Cerastium | glomeratum | 1 | | | 1 | | Kluwenhoornbloem | 5 | | | 5 | 5 | 0 |
| Chenopodium | sp. | | 1 | | | | Ganzevoet soort | 4 | | | x | 7 | 0 |
| Cirsium | vulgare | 1 | 1 | 1 | | | Speerdistel | x | | | x | 7 | 1 |
| Cirsium | arvense | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Akkerdistel | 5 | | | 7 | 8 | 0 |
| Claytonia | perfoliata | | | | | 1 | Witte winterpostelein | 5 | | | 7 | 7 | 0 |
| Cochlearia | danica | 1 | | | | 1 | Deens lepelblad | 8 | = | | 8 | 5 | 4 |

| Bijlage 3. Florawaarnemingen (21 april 2004) in de Hemmepolder, aangevuld met vroegere waarnemingen (alleen mossen die te velde herkenbaar zijn, worden vermeld in de lijst) | | | | | | | | Ellenberg-indicatorgetal | | | | | |
|---|----------------|------|-------|-------|-----------|---------|---------------------|--------------------------|------------------|---|---|---|---|
| | | | | | | | | F: | vochtigheid | | | | |
| | | | | | | | | R: | zuurtegraad (pH) | | | | |
| | | | | | | | | N: | voedselrijkdom | | | | |
| | | | | | | | | S: | zouttolerantie | | | | |
| geslacht | soortepitheton | berm | oever | akker | polderwei | duinwei | Nederlandse naam | F | ~ | = | R | N | S |
| Coronopus | squamatus | 1 | | | | | Grote varkenskers | 6 | ~ | | 7 | 6 | 1 |
| Dactylis | glomerata | 1 | | | | | Kropaar | 5 | | | x | 6 | 0 |
| Daucus | carota | 1 | | | | | Wilde peen | 4 | | | x | 4 | 0 |
| Elymus | repens | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Gewone kweek | X | ~ | | x | 7 | 0 |
| Erodium | cicutarium | | | | | 1 | Gewone reigersbek | 4 | | | x | x | 0 |
| Euphorbia | helioscopa | 1 | | 1 | 1 | | Kroontjeskruid | 5 | | | 7 | 7 | 0 |
| Festuca | arundinacea | 1 | | | 1 | | Rietzwenkgras | 7 | ~ | | 7 | 5 | 2 |
| Festuca | rubra | 1 | | | 1 | 1 | Rood zwenkgras | 6 | | | 6 | x | 0 |
| Galium | aparine | 1 | | | 1 | | Kleefkruid | x | | | 6 | 8 | 0 |
| Galium | verum | | | | | 1 | Geel walstro | 4 | ~ | | 7 | 3 | 0 |
| Geranium | molle | | | | | 1 | Zachte ooievaarsbek | 4 | | | 5 | 4 | 0 |
| Geranium | pusillum | 1 | | | | | Kleine ooievaarsbek | 4 | | | x | 7 | 0 |
| Glechoma | hederacea | 1 | | | 1 | | Hondsdrif | 6 | | | x | 7 | 0 |
| Holcus | lanatus | 1 | | | 1 | 1 | Gestreepte witbol | 6 | | | x | 5 | 1 |
| Hypochaeris | radicata | | | | | 1 | Gewoon biggekruid | 5 | | | 4 | 3 | 1 |
| Lamium | album | 1 | | 1 | 1 | | Witte dovenetel | 5 | | | x | 9 | 0 |
| Lamium | purpureum | 1 | 1 | 1 | | | Paarse dovenetel | 5 | | | 7 | 7 | 0 |
| Lathyrus | sp. | 1 | | | | | Lathyrus soort | 6 | | | 7 | 6 | 0 |
| Lolium | multiflorum | 1 | | 1 | 1 | | Italiaans raaigras | 4 | | | 7 | 8 | 0 |
| Lolium | perenne | 1 | | | 1 | | Engels raaigras | 5 | | | 7 | 7 | 0 |
| Matricaria | discoidea | 1 | | | | | Schijfkamille | 5 | | | 7 | 8 | 0 |
| Matricaria | sp. | 1 | | | | | Kamille soort | | | | | | |
| Medicago | arabica | 1 | | | | 1 | Gevlekte rupsklaver | 4 | | | 8 | 5 | 0 |
| Medicago | lupulina | | | | | 1 | Gewone hopklaver | 4 | | | 8 | x | 0 |

| Bijlage 3. Florawaarnemingen (21 april 2004) in de Hemmepolder, aangevuld met vroegere waarnemingen (alleen mossen die te velde herkenbaar zijn, worden vermeld in de lijst) | | | | | | | Ellenberg-indicatorgetal F: vochtigheid R: zuurtegraad (pH) N: voedselrijkdom S: zouttolerantie | | | | | | |
|---|-----------------|------|-------|-------|-----------|---------|---|----|---|---|---|---|---|
| geslacht | soortepitheton | berm | oever | akker | polderwei | duinwei | Nederlandse naam | F | ~ | = | R | N | S |
| Myosotis | rammosissima | | | | | 1 | Ruw vergeet-mij-nietje | 2 | | | 7 | 1 | 0 |
| Pastinaca | sativa | 1 | | | 1 | | Pastinaak | 4 | | | 8 | 5 | 0 |
| Phragmites | australis | 1 | 1 | | | | Riet | 10 | | | 7 | 7 | 0 |
| Plantago | lanceolata | 1 | | | 1 | 1 | Smalle weegbree | x | | | x | x | 0 |
| Plantago | major | 1 | | | 1 | 1 | Grote weegbree | 5 | | | x | 6 | 0 |
| Poa | annua | 1 | | 1 | | | Straatgras | 6 | | | x | 8 | 1 |
| Poa | trivialis | 1 | 1 | | 1 | | Ruw beemdgras | 7 | | | x | 7 | 1 |
| Polygonum | aviculare | 1 | | | | | Varkensgras | 4 | | | x | 6 | 1 |
| Populus | x canadensis | 1 | | | | | Canadapopulier | 7 | ~ | | 8 | 6 | 0 |
| Potentilla | anserina | 1 | | | | | Zilverschoon | 6 | ~ | | x | 7 | 1 |
| Potentilla | reptans | 1 | | | 1 | 1 | Vijfvingerkruid | 6 | | | 7 | 5 | 0 |
| Ranunculus | acris | 1 | | | 1 | 1 | Scherpe boterbloem | 6 | | | x | x | 0 |
| Ranunculus | repens | 1 | | | 1 | 1 | Kruipende boterbloem | 7 | ~ | | x | 7 | 1 |
| Raphanus | raphanistrum | 1 | 1 | | | | Knopherik | 5 | | | 4 | 6 | 0 |
| Rubus | caesius | 1 | | | | 1 | Dauwbraam | x | | | 8 | 7 | 0 |
| Rumex | conglomeratus | 1 | 1 | | 1 | | Kluenzuring | 7 | | | x | 8 | 0 |
| Rumex | crispus | 1 | | | 1 | | Krulzuring | 7 | ~ | | x | 6 | 0 |
| Sagina | procumbens | 1 | | | | | Liggend vetmuur | 5 | ~ | | 7 | 6 | 2 |
| Salix | alba | 1 | | | 1 | | Schietwilg | 8 | = | | 8 | 7 | 0 |
| Saxifraga | tridactylites | | | | | 1 | Kandelaartje | 2 | | | 7 | 1 | 0 |
| Sedum | acre | | | | | 1 | Muurpeper | 2 | | | x | 1 | 1 |
| Senecio | cf. erucifolius | 1 | | | | | Smalbladig kruiskruid | 3 | ~ | | 8 | 4 | 0 |
| Senecio | jacobaea | | | | | 1 | Jacobskruiskruid | 4 | ~ | | 7 | 5 | 0 |
| Senecio | vulgaris | 1 | 1 | 1 | 1 | | Klein kruiskruid | 5 | | | x | 8 | 0 |

| Bijlage 3. Florawaarnemingen (21 april 2004) in de Hemmepolder, aangevuld met vroegere waarnemingen (alleen mossen die te velde herkenbaar zijn, worden vermeld in de lijst) | | | | | | | Ellenberg-indicatorgetal | | | | | | |
|---|----------------|------|-------|-------|-----------|---------|---|------|---|---|------|------|------|
| | | | | | | | F: vochtigheid R: zuurtegraad (pH) N: voedselrijkdom S: zouttolerantie | | | | | | |
| geslacht | soortepitheton | berm | oever | akker | polderwei | duinwei | Nederlandse naam | F | ~ | = | R | N | S |
| Sochus | cf. arvensis | 1 | 1 | 1 | | | Akkermelkdistel | 5 | ~ | | 7 | x | 1 |
| Stellaria | media | 1 | | 1 | | | Vogelmuur | x | | | 7 | 8 | 0 |
| Taraxacum | sect. Vulgaria | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Gewone pãardenbloem | 5 | | | x | 8 | 1 |
| Trifolium | Fragiferum* | 1 | | | | | Aardbeiklaver | 7 | = | | 8 | 7 | 4 |
| Trifolium | repens | 1 | | | 1 | 1 | Witte klaver | 5 | | | 6 | 6 | 1 |
| Veronica | hederifolia | 1 | | 1 | | | Akkerklimopereprijs | 5 | | | 7 | 7 | 0 |
| Veronica | persica | 1 | | | | | Grote ereprijs | 5 | | | 7 | 7 | 0 |
| Vicia | lathyroides | | | | | 1 | Lathyruswikke | 2 | | | 3 | 2 | 0 |
| Vicia | sativa | 1 | | | | 1 | Smalbladige wikke | x | | | x | x | 0 |
| Vinca | major | 1 | | | | | Grote maagdenpalm | | | | | | |
| # | | | | | | | | | | | | | |
| vaatplanttaxa/habitat | | 65 | 12 | 15 | 31 | 36 | gemiddeld indicatorgetal | 5.03 | | | 6.60 | 5.87 | 0.34 |
| | | | | | | | mediaan indicatorgetal | 5 | | | 7 | 6 | 0 |

*mededeling JL Herrier

BIJLAGE 4

TOPOGRAFISCHE KAART MET

DWARSDOORSNEDEN VAN DE BESTAANDE

TOESTAND EN VAN SCENARIO 1 (VARIANTE 1B EN

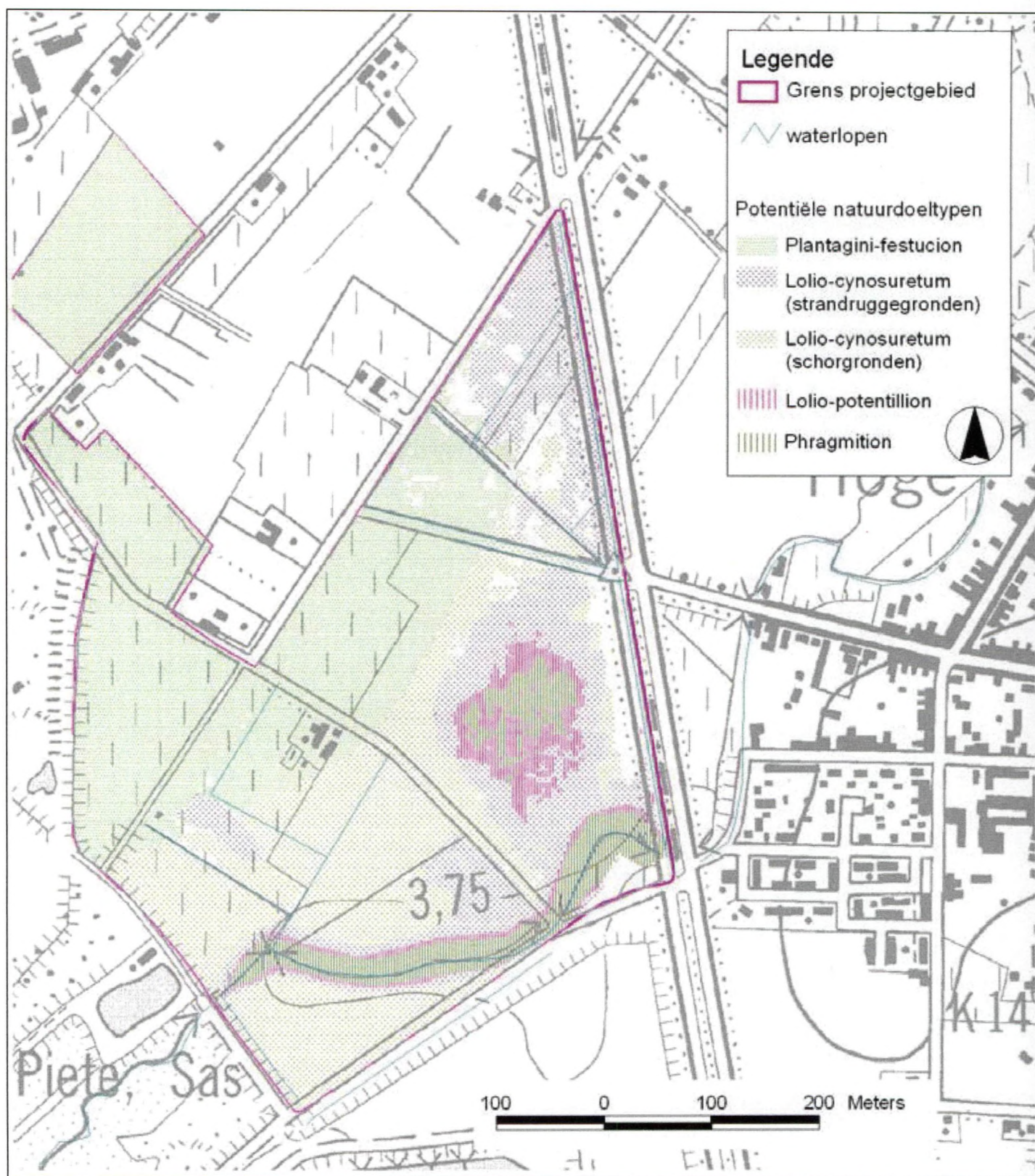
1C) EN VARIANTE 2A

1. LEESWIJZER

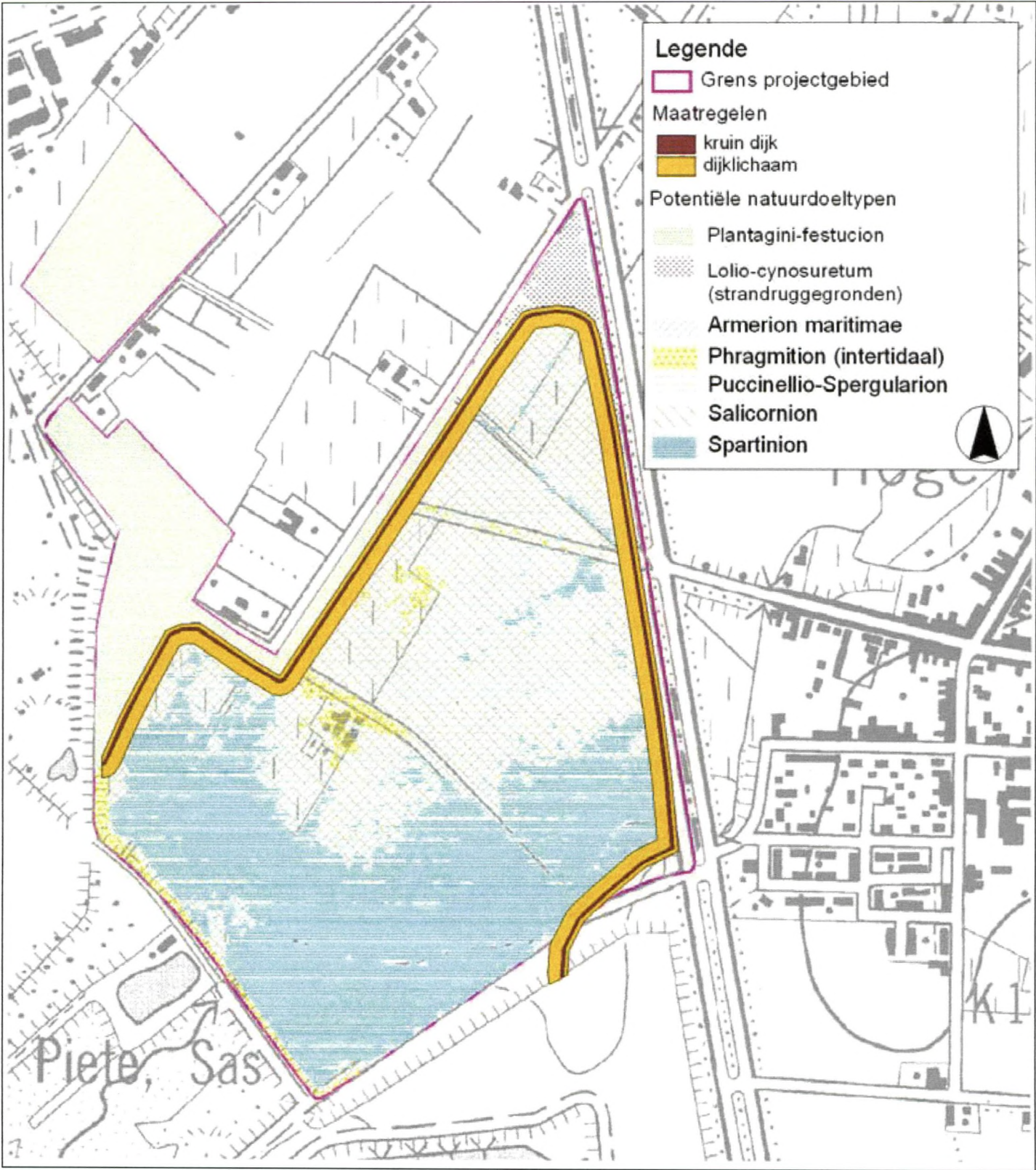
Bestaand staat voor de topografie in de bestaande toestand en voor het scenario 3 “Slikke en Schorre”. Wanneer tij en eb worden toegelaten in het gebied zal enerzijds een specifieke vegetatie ontstaan maar zullen zich ook erosie- en sedimentatieprocessen voordoen. Door de specifieke ligging van de Hemmepolder zullen de energetisch krachten laag zijn en zal de verandering van de topografie langzaam gebeuren. De potentiële vegetatietypes voor scenario 3 zijn aangeduid in Figuur bijl4-2

Scenario 1 staat voor de topografie in scenario 1 en scenario 2. De voorgestelde ingrepen zijn artificieel. De oevers van het geleed worden afgegraven en een poel wordt gegraven ten voordele van avifauna en waar zich grondwaterafhankelijke vegetatietypes kunnen ontwikkelen. In Figuur bijl4-1 zijn de potentieel te verwachten vegetatietypes aangeduid.

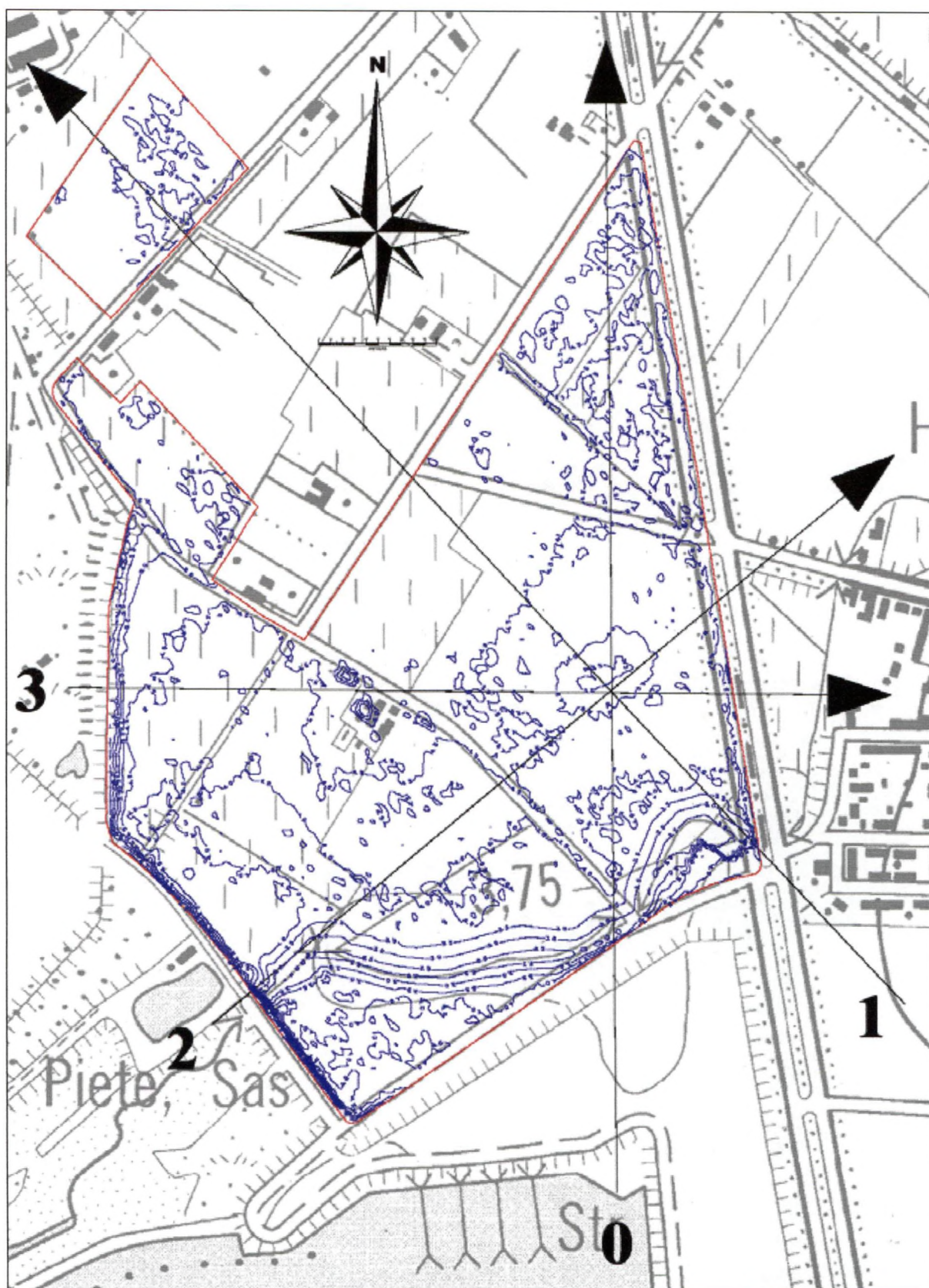
In de Figuur bijl4-3 is het topografisch plan met de hoogtelijnen aangeduid. In de Figuur bijl4-4 zijn de langsecties aangeduid van het projectgebied



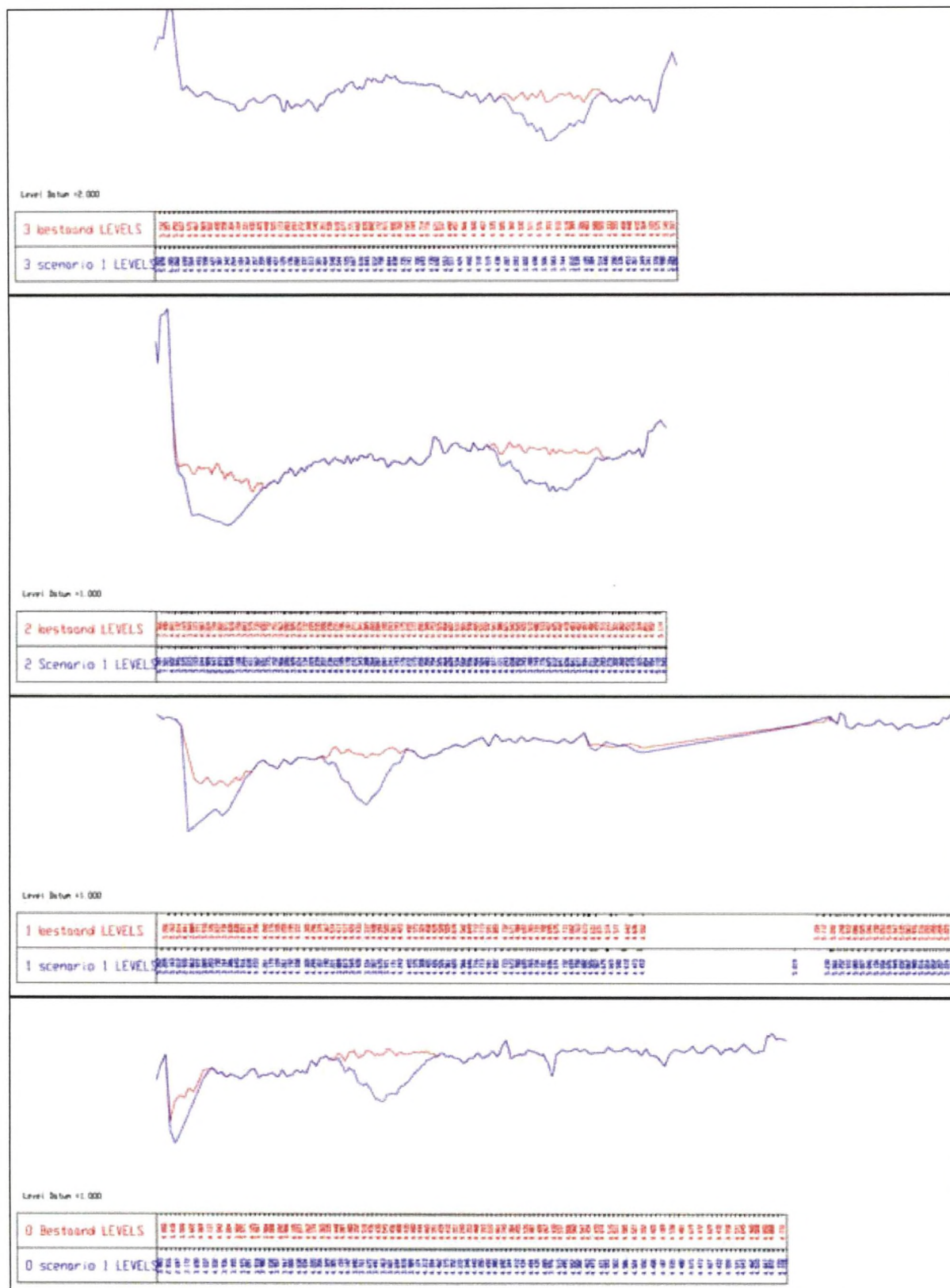
Figuur bijl4-1: potentiële vegetatietypes voor scenario 1 en scenario 2



Figuur bijl4-2: potentiële vegetatietypes voor scenario 3



Figuur bijl 4-3: planzicht topografie voor bestaande toestand, scenario 1 en scenario 2



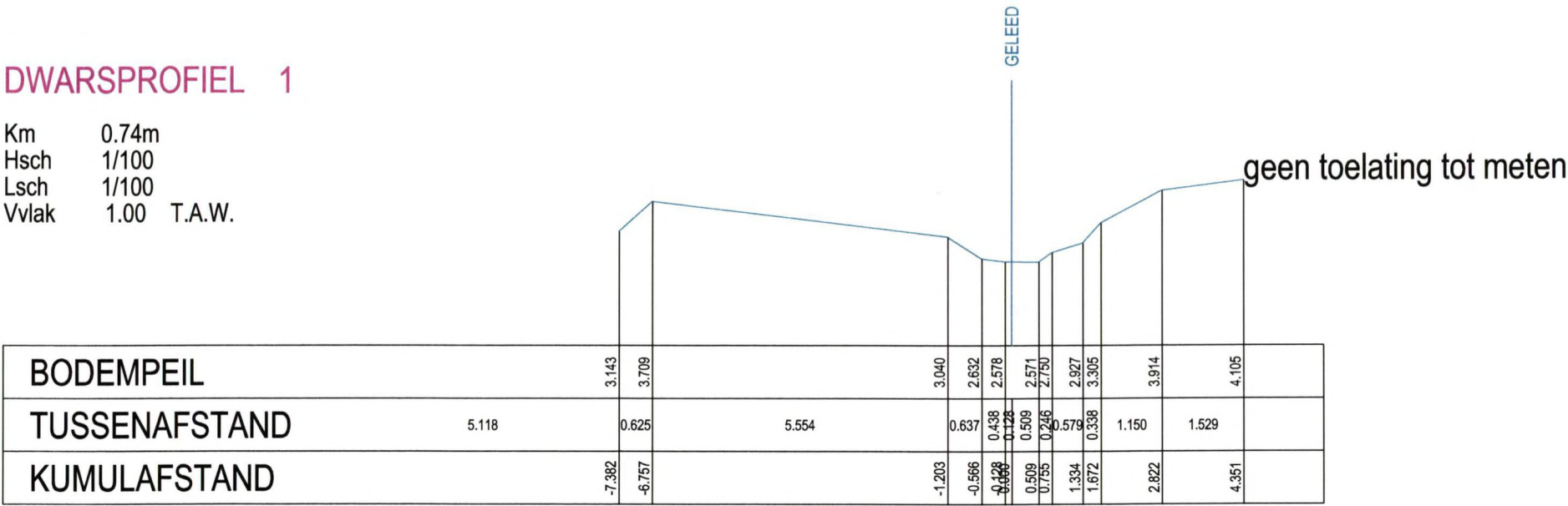
Figuur bijl4-4: dwarssnede topografie voor bestaande toestand, scenario 1 en scenario 2

BIJLAGE 5

OPMETING VAN HET GELEED

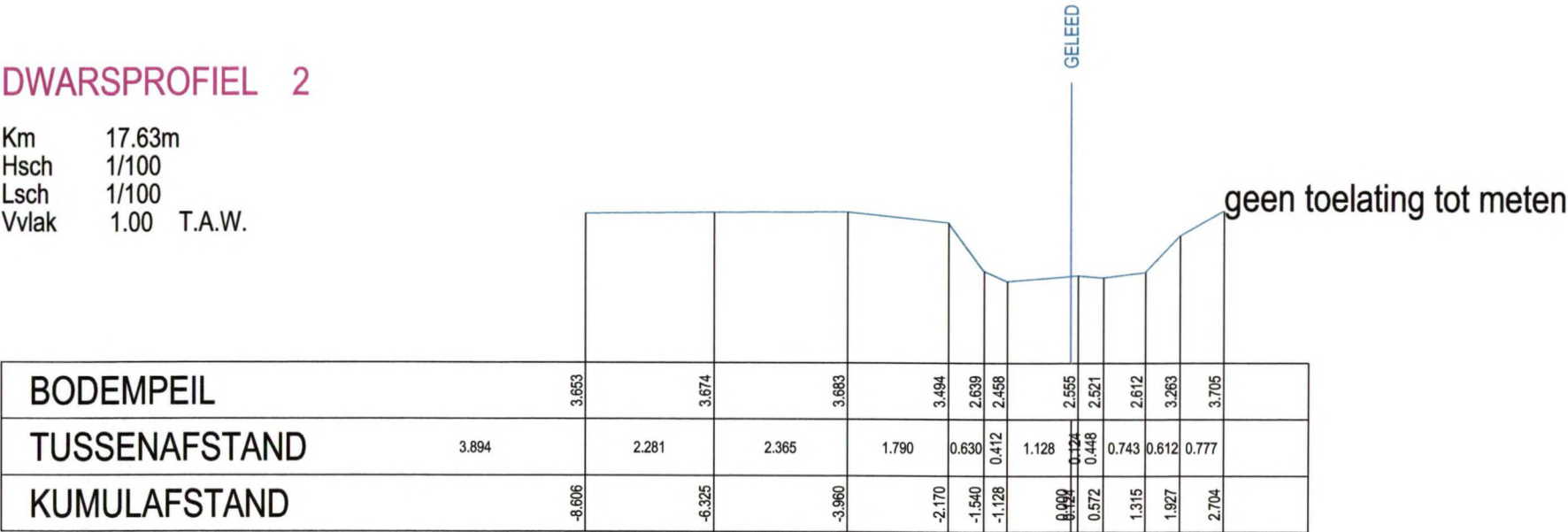
DWARSPROFIEL 1

Km 0.74m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



DWARSPROFIEL 2

Km 17.63m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



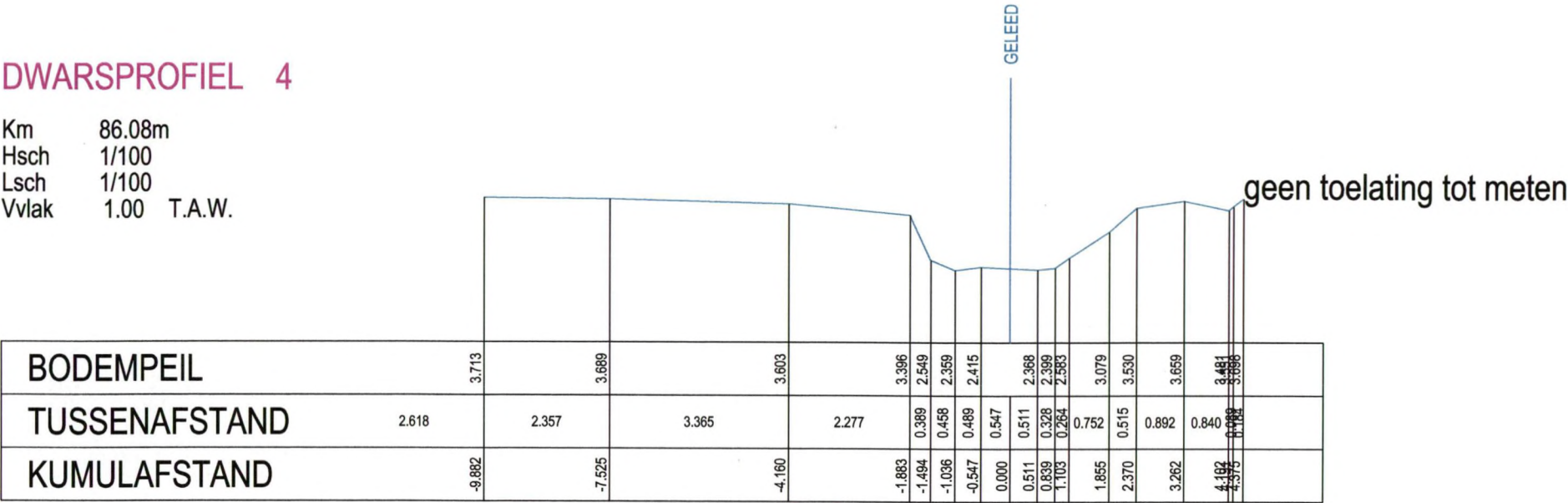
| | |
|-------|-------------|
| Km | 51.42m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |

| | |
|-------|-------------|
| Km | 51.42m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |



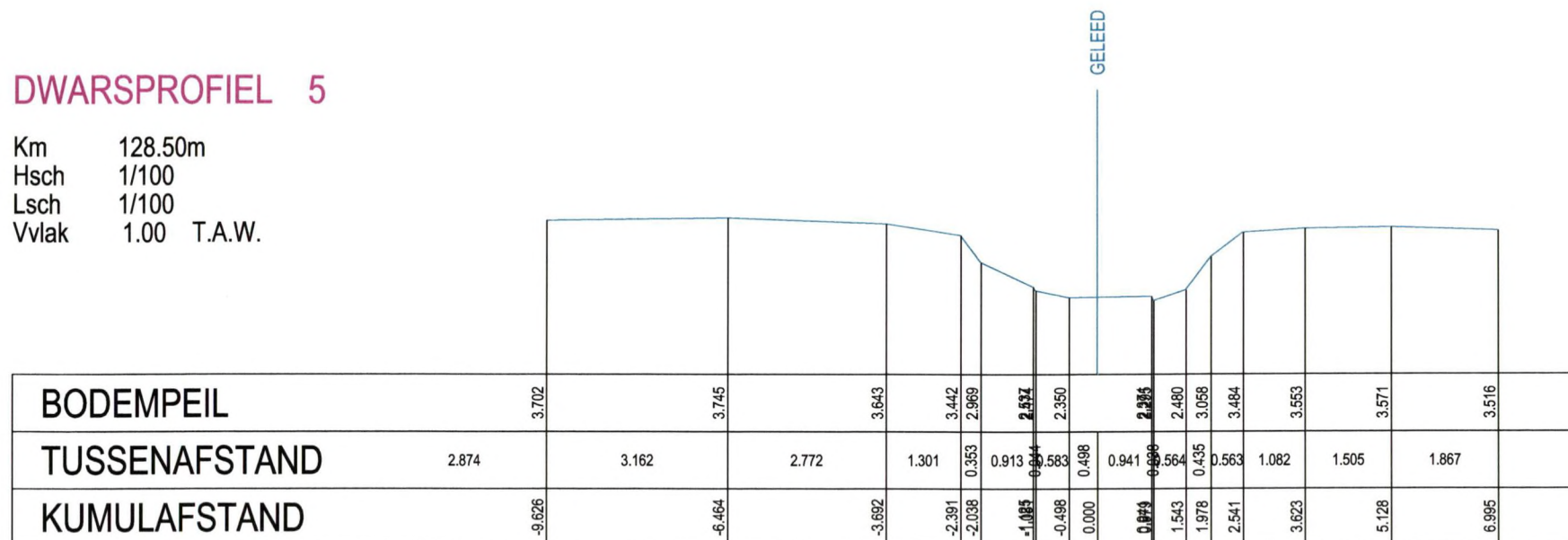
DWARSPROFIEL 4

Km 86.08m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



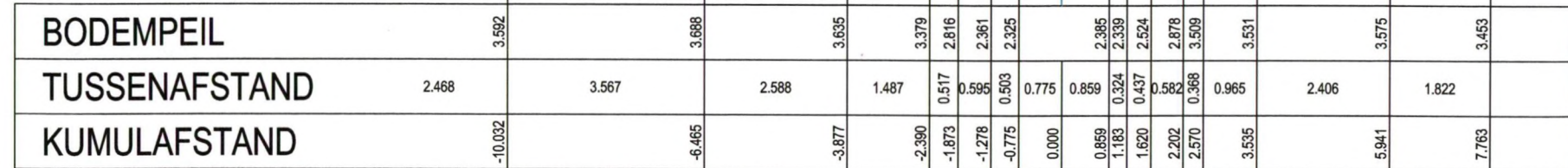
| | |
|-------|-------------|
| Km | 128.50m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |

| | |
|-------|-------------|
| Km | 128.50m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |



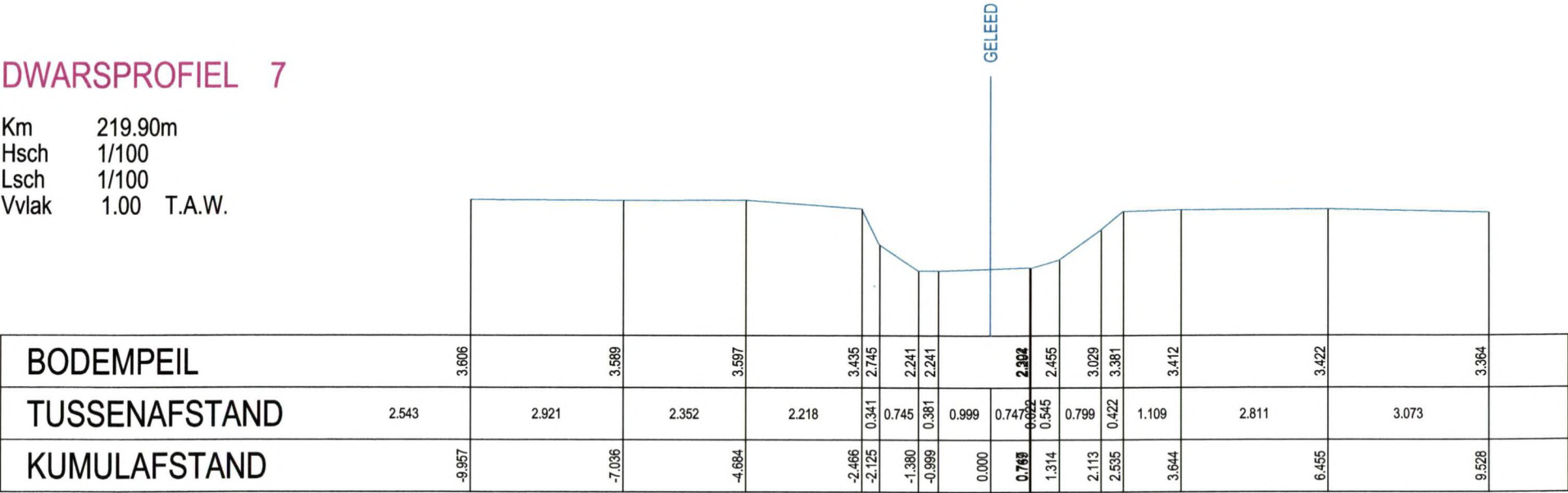
| | |
|-------|-------------|
| Km | 174.90m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |

| | |
|-------|-------------|
| Km | 174.90m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |



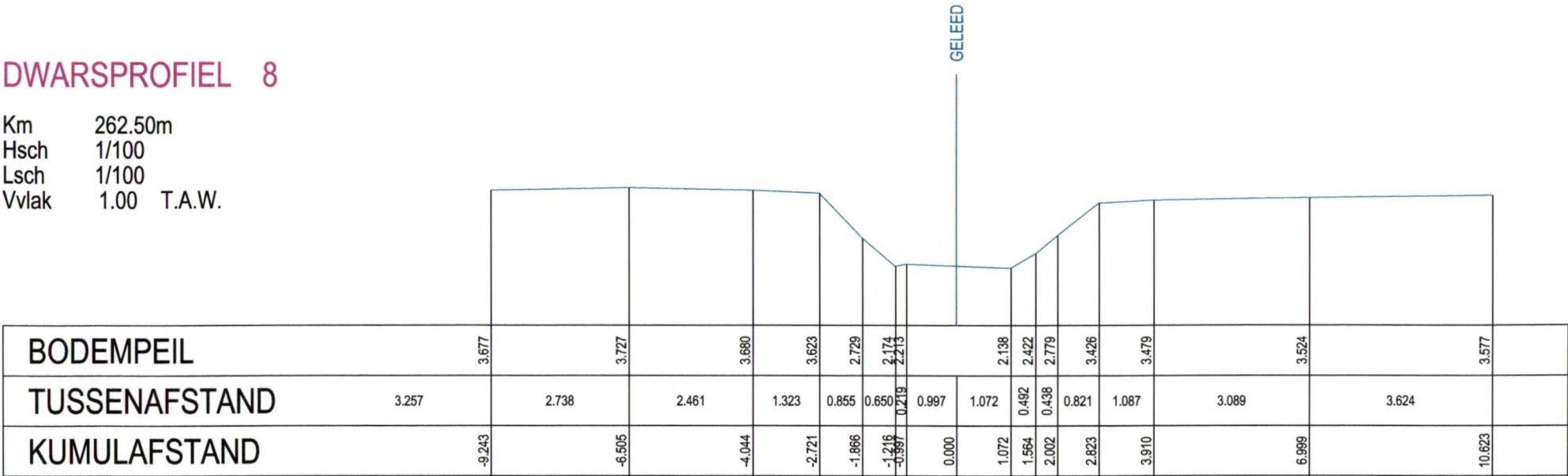
DWARSPROFIEL 7

Km 219.90m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



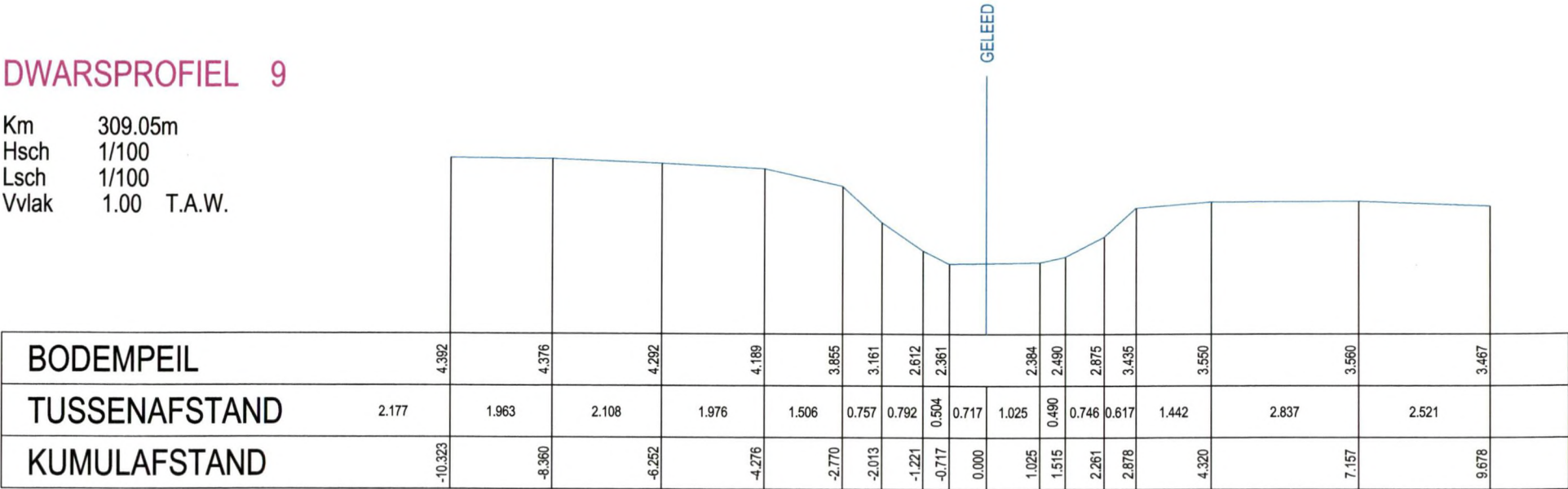
DWARSPROFIEL 8

Km 262.50m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



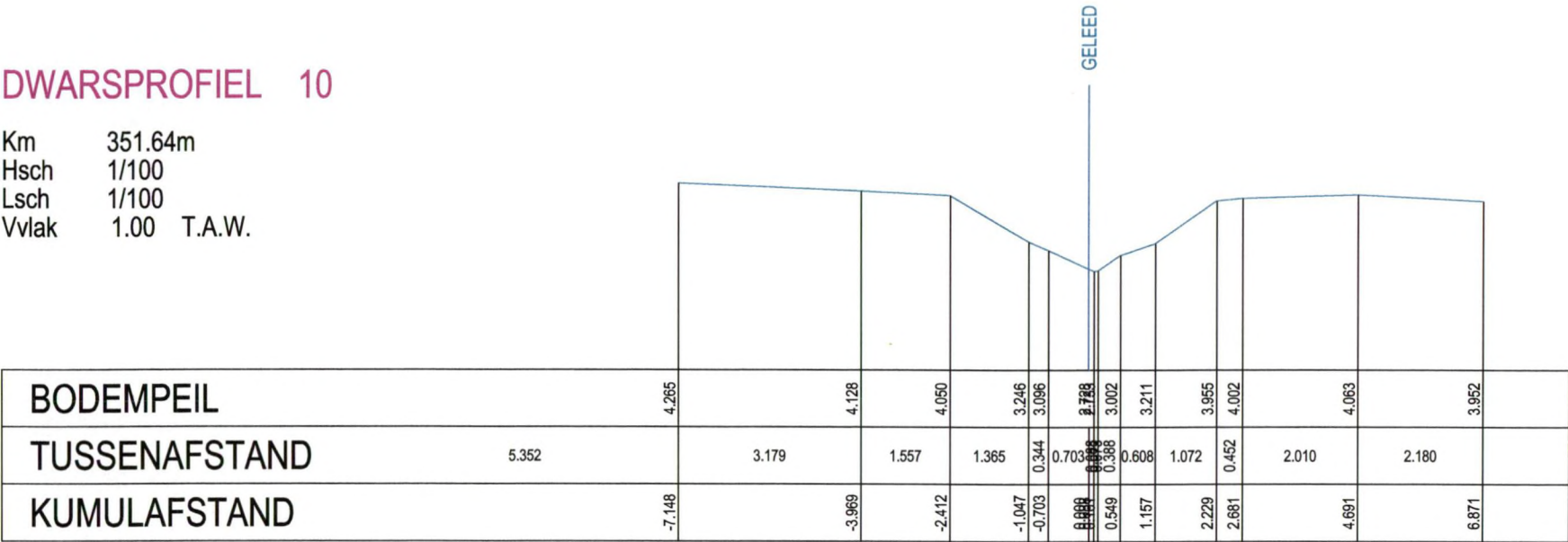
DWARSPROFIEL 9

Km 309.05m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



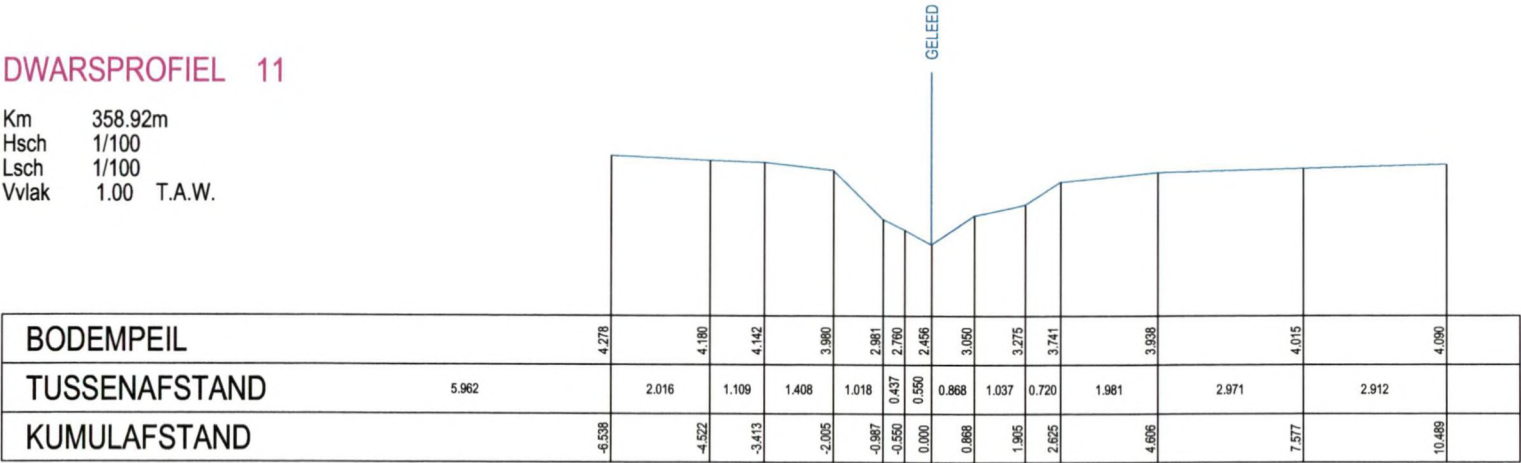
DWARSPROFIEL 10

Km 351.64m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



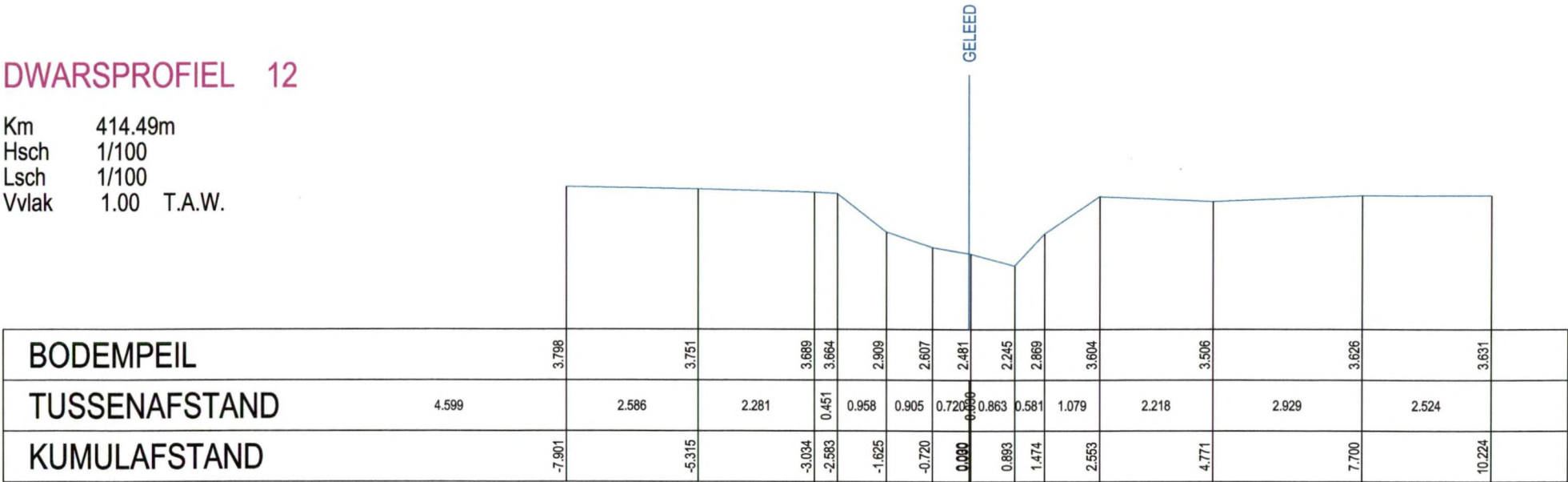
DWARSPROFIEL 11

Km 358.92m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



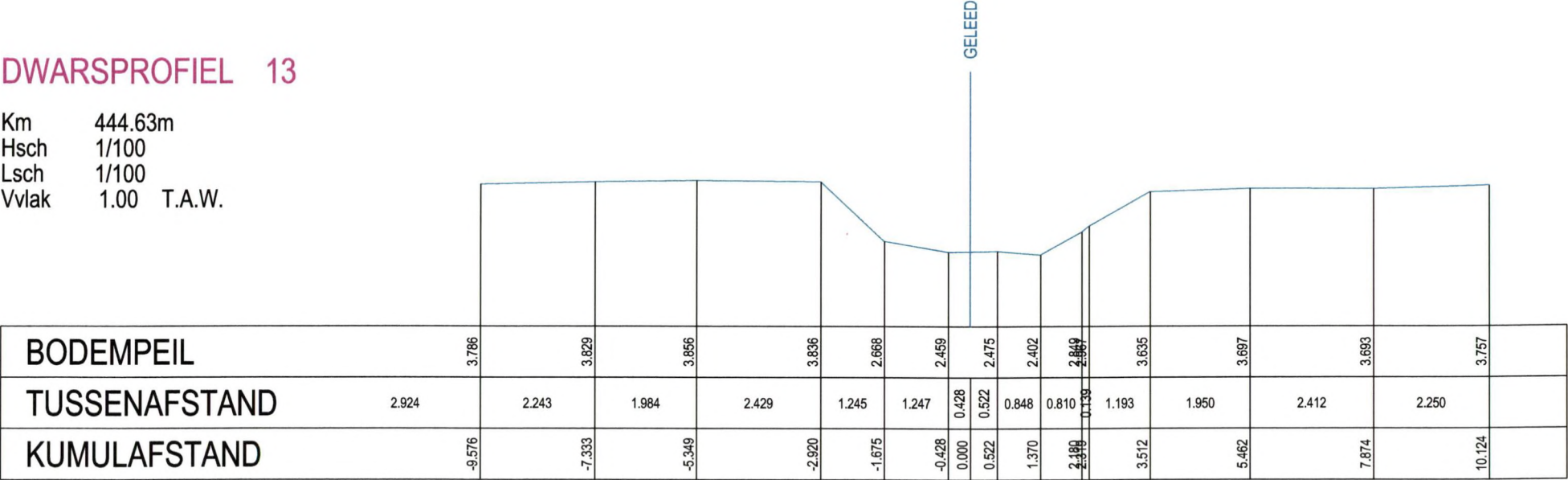
DWARSPROFIEL 12

Km 414.49m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



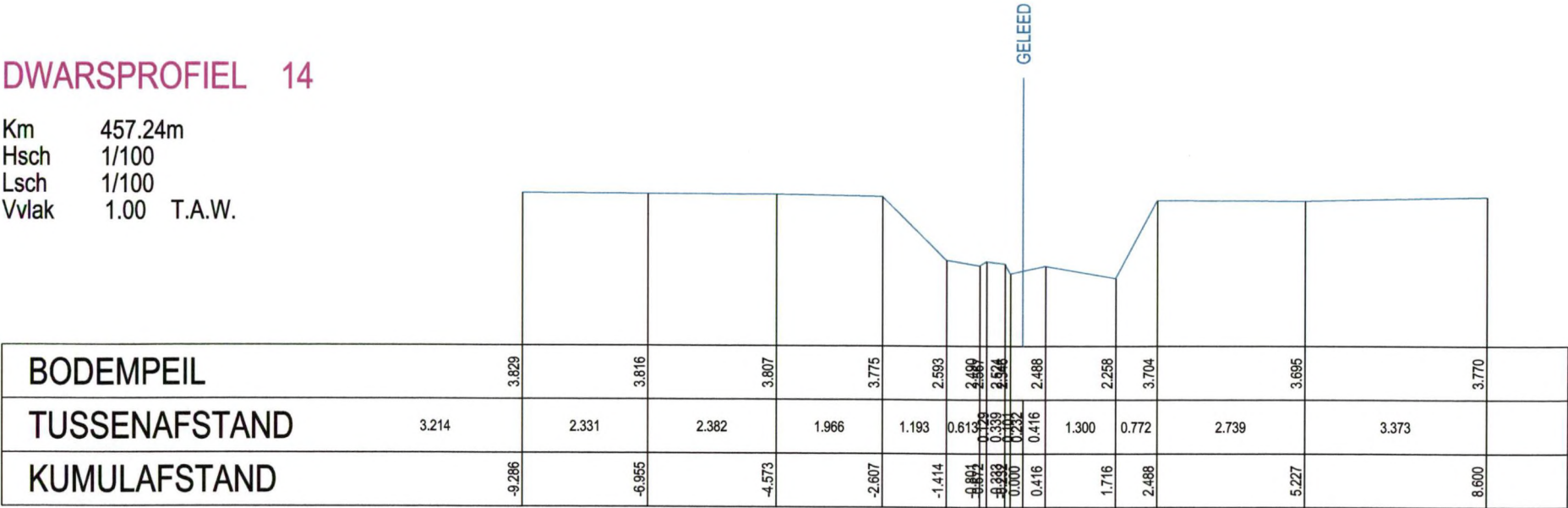
DWARSPROFIEL 13

Km 444.63m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



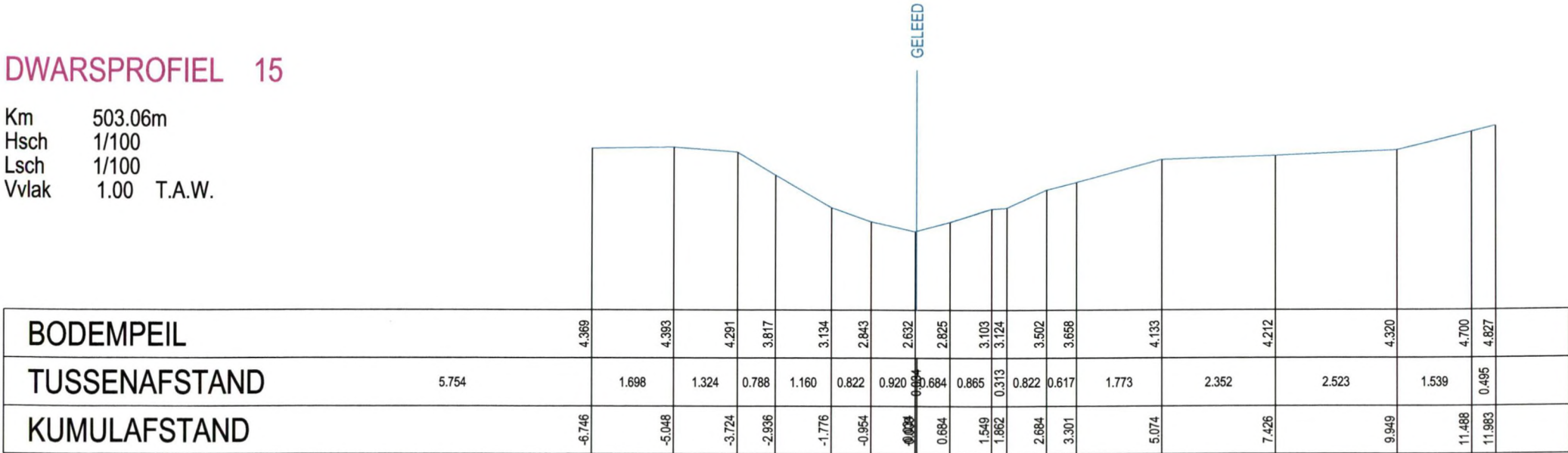
DWARSPROFIEL 14

Km 457.24m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



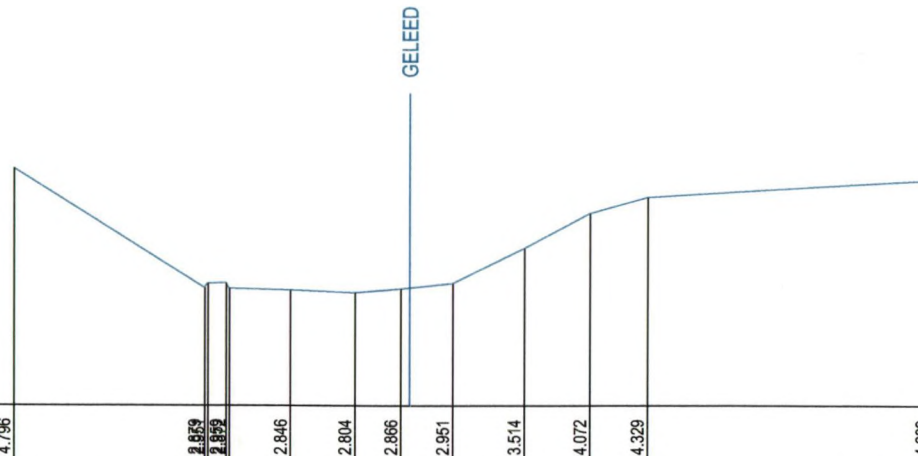
DWARSPROFIEL 15

Km 503.06m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



| | |
|-------|-------------|
| Km | 537.37m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |

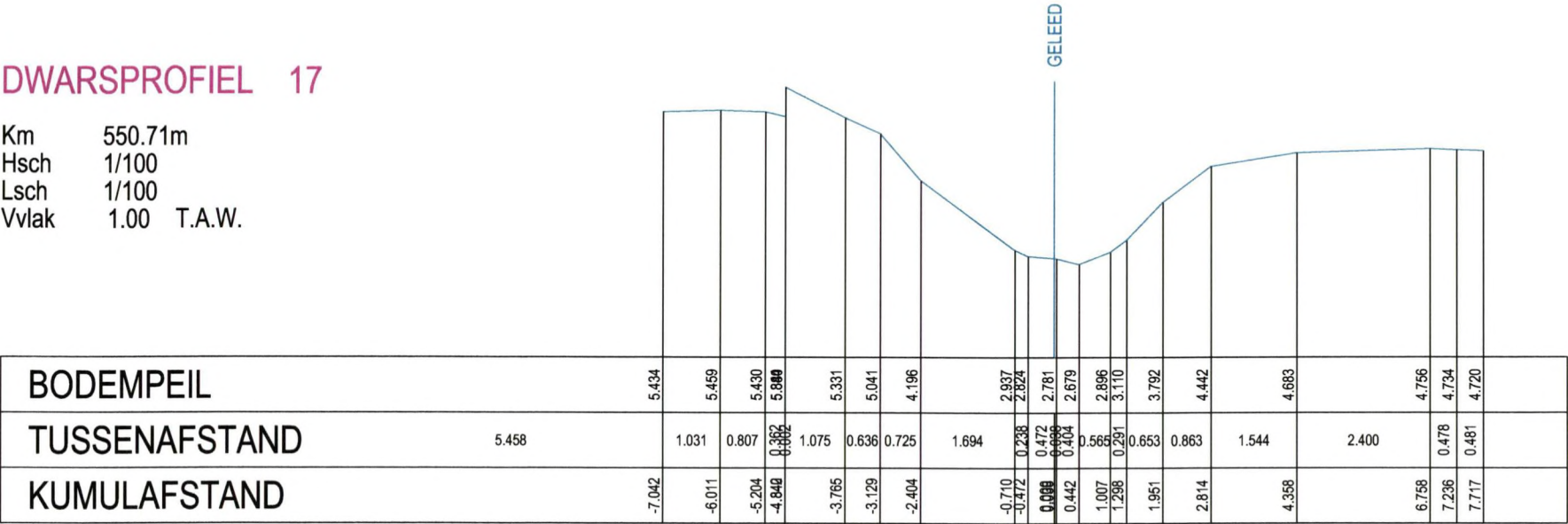
| | |
|-------|-------------|
| Km | 537.37m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 1.00 T.A.W. |



| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BODEMPEIL | 4.796 | 2.853 | 2.846 | 2.804 | 2.886 | 2.951 | 3.514 | 4.072 | 4.329 | 4.609 |
| TUSSENAFSTAND | 6.188 | 3.043 | 0.970 | 1.030 | 0.730 | 0.680 | 1.139 | 1.044 | 0.916 | 4.536 |
| KUMULAFSTAND | -6.312 | -3.208 | -1.907 | -0.877 | -0.147 | 0.680 | 1.819 | 2.863 | 3.779 | 8.315 |

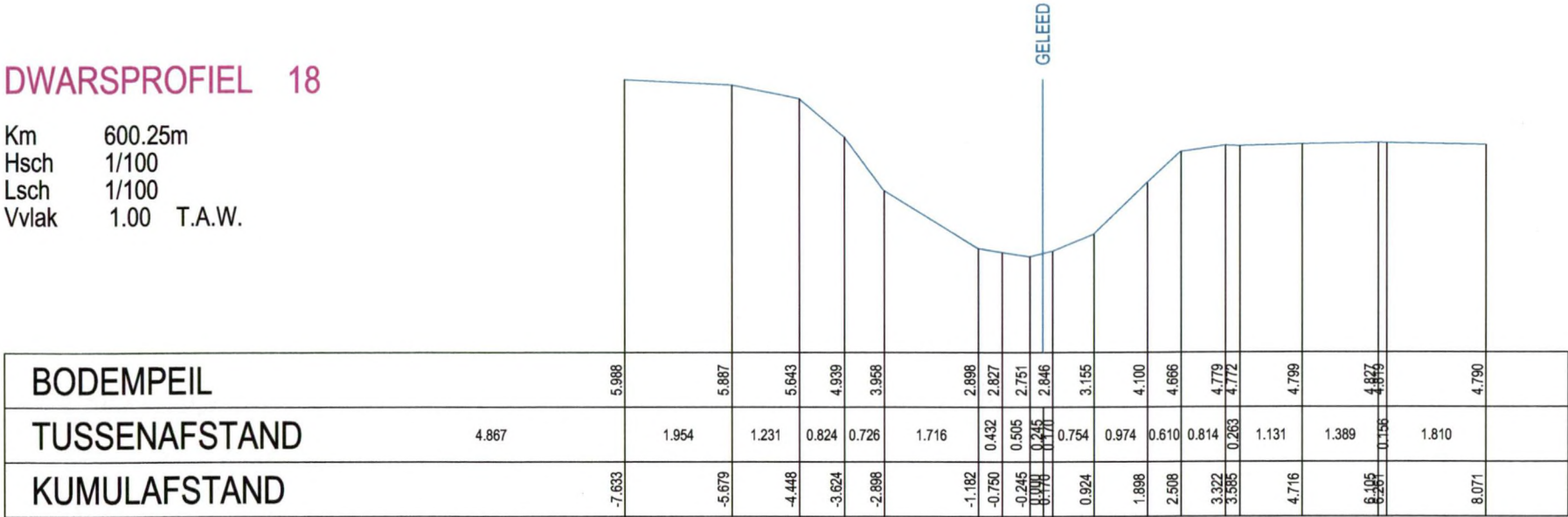
DWARSPROFIEL 17

Km 550.71m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.

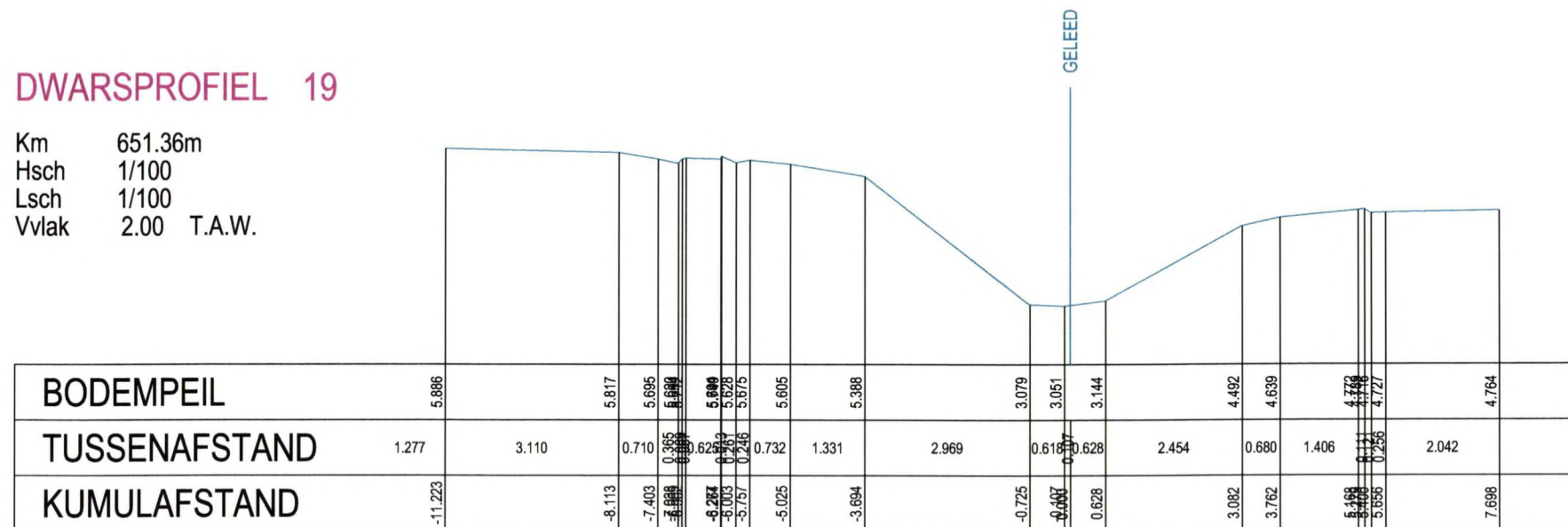


DWARSPROFIEL 18

Km 600.25m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.

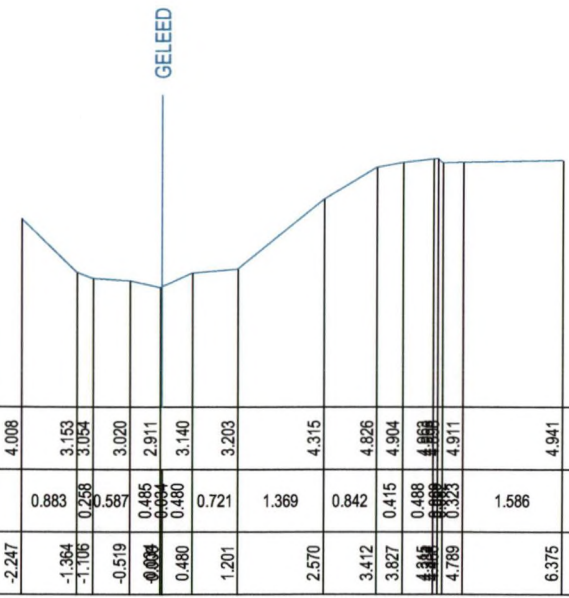


| | |
|-------|-------------|
| Km | 651.36m |
| Hsch | 1/100 |
| Lsch | 1/100 |
| Vvlak | 2.00 T.A.W. |



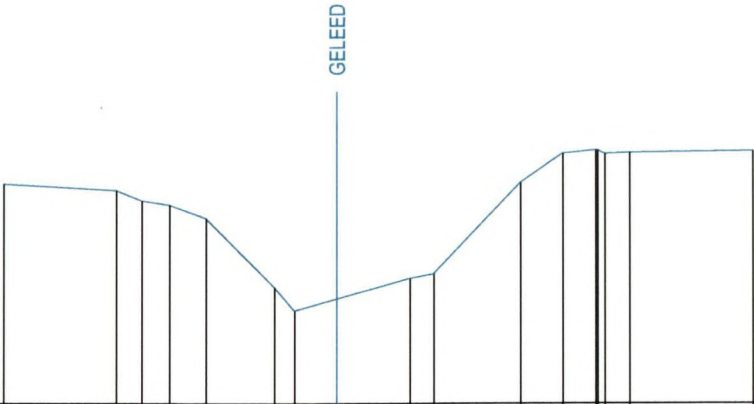
DWARSPROFIEL 20

Km 708.49m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



DWARSPROFIEL 21

Km 738.10m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.



| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| BODEMPEIL | 4.510 | | 4.406 | 4.242 | 4.175 | 3.962 | 2.866 | 2.484 | | 2.999 | 3.074 | 4.526 | 4.992 | 5.006 | 5.032 | |
| TUSSENAFSTAND | | 1.790 | 0.411 | 0.444 | 0.580 | 1.087 | 0.320 | 0.683 | 1.160 | 0.378 | 1.383 | 0.676 | 0.525 | 0.396 | 1.963 | |
| KUMULAFSTAND | -5.315 | | -3.525 | -3.114 | -2.670 | -2.090 | -1.003 | -0.683 | 0.000 | 1.160 | 1.538 | 2.921 | 3.597 | 4.188 | 6.629 | |

DWARSPROFIEL 22

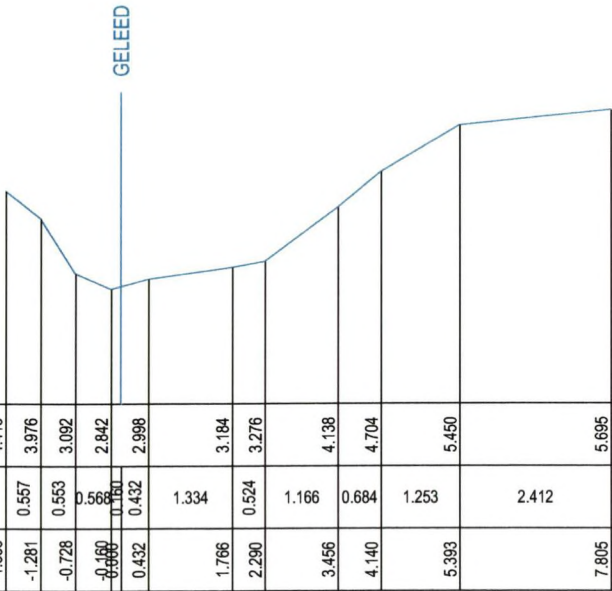
Km 781.36m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 2.00 T.A.W.

GELEED

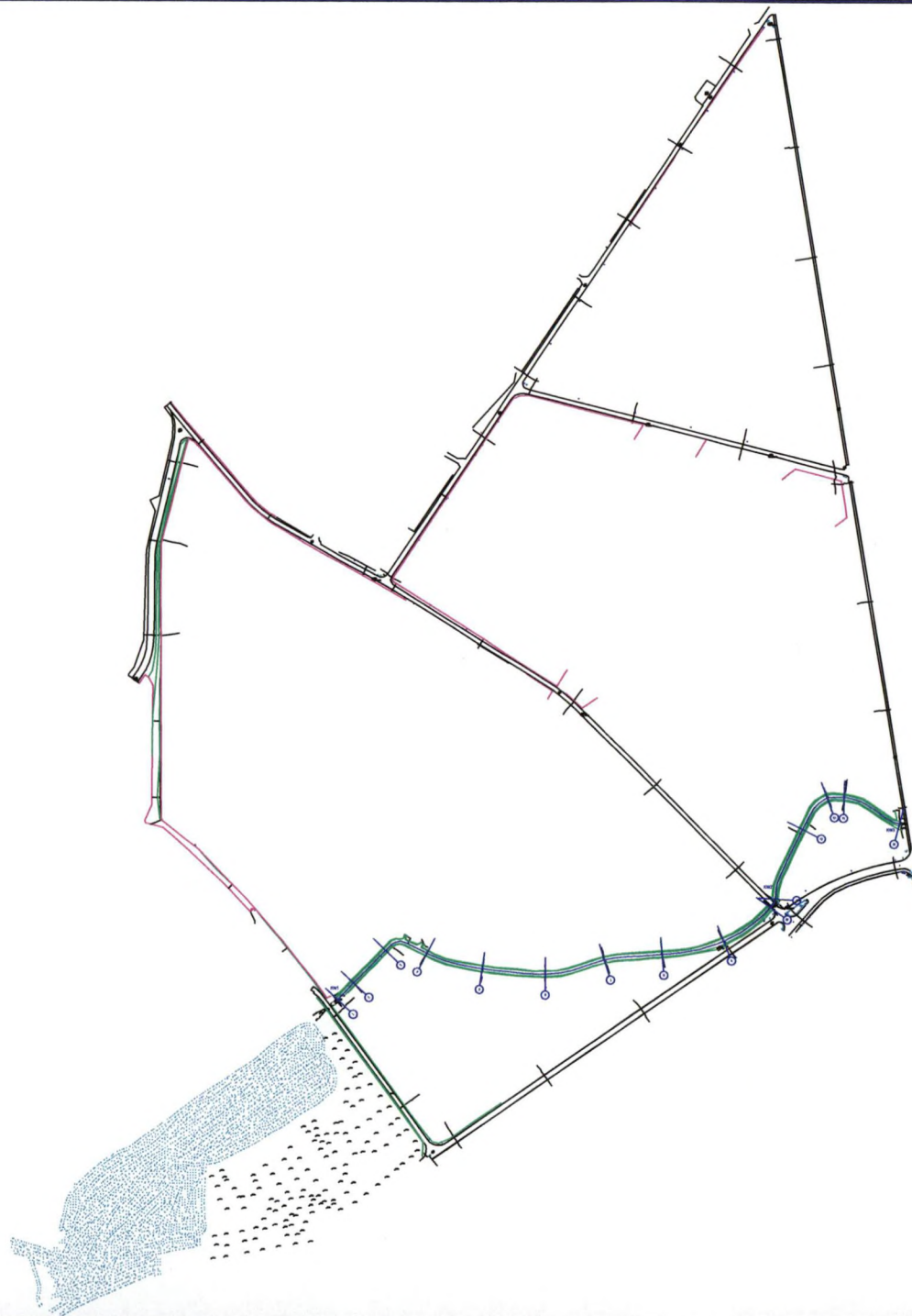
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--|
| BODEMPEIL | | 5.039 | 4.655 | | 3.149 | 3.124 | | 3.159 | 3.765 | 4.372 | 4.871 | 5.474 | | 5.636 | 5.695 | 5.695 | 5.695 | 5.542 | | 5.604 | |
| TUSSENAFSTAND | 9.509 | | 0.843 | 1.507 | 0.63 | 0.016 | 1.137 | 0.933 | 0.843 | 0.760 | 0.542 | 1.380 | | 0.359 | 0.000 | 0.000 | 0.302 | | 3.834 | | |
| KUMULAFSTAND | | -2.991 | -2.148 | | -0.641 | -0.000 | 1.137 | 2.070 | 2.913 | 3.673 | 4.215 | | 5.595 | 5.954 | 6.000 | 6.302 | | | | 10.309 | |

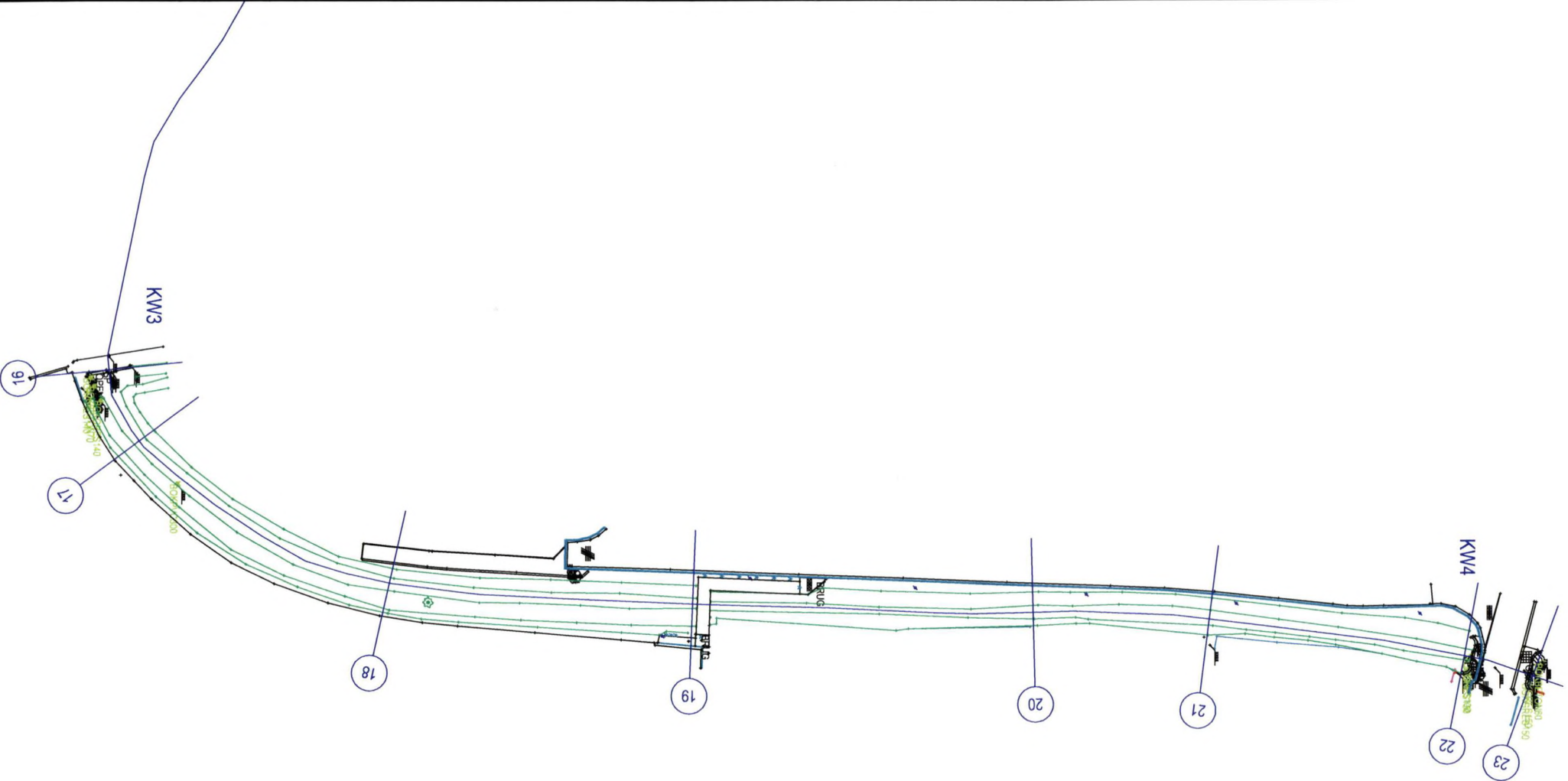
DWARSPROFIEL 23

Km 793.30m
Hsch 1/100
Lsch 1/100
Vvlak 1.00 T.A.W.

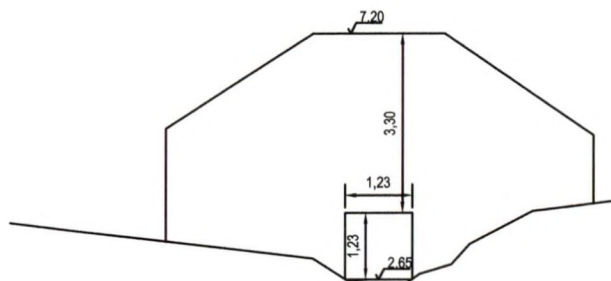


| | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BODEMPEIL | 4.413 | 3.976 | 3.092 | 2.842 | 2.998 | 3.184 | 3.276 | 4.138 | 4.704 | 5.450 | 5.695 |
| TUSSENAFSTAND | 10.662 | 0.557 | 0.553 | 0.568 | 0.432 | 1.334 | 0.524 | 1.166 | 0.684 | 1.253 | 2.412 |
| KUMULAFSTAND | -1.838 | -1.281 | -0.728 | -0.180 | 0.432 | 1.766 | 2.290 | 3.456 | 4.140 | 5.393 | 7.805 |

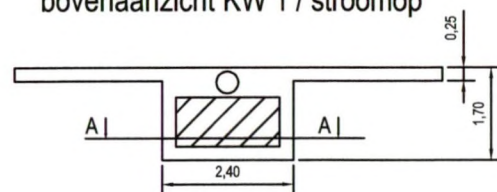




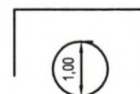
vooraanzicht KW 1 / stroomop



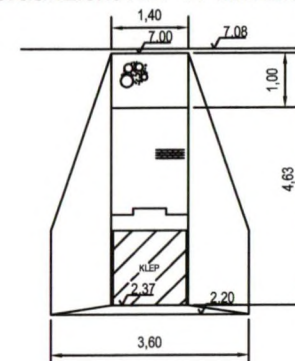
bovenaanzicht KW 1 / stroomop



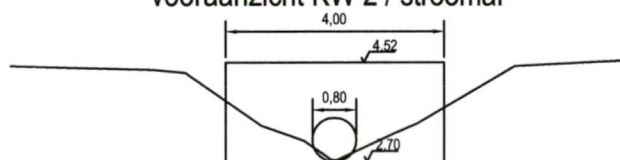
snede A-A



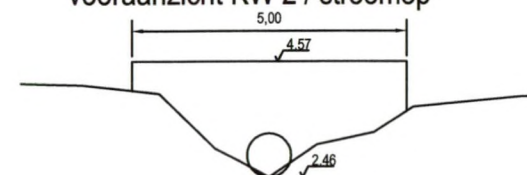
vooraanzicht KW 1 / stroomaf



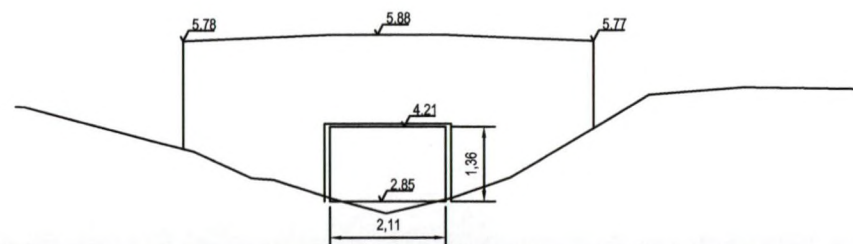
vooraanzicht KW 2 / stroomaf



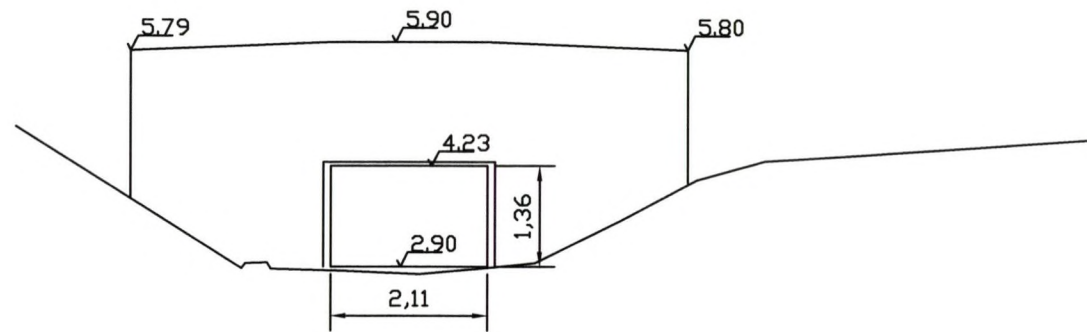
vooraanzicht KW 2 / stroomop



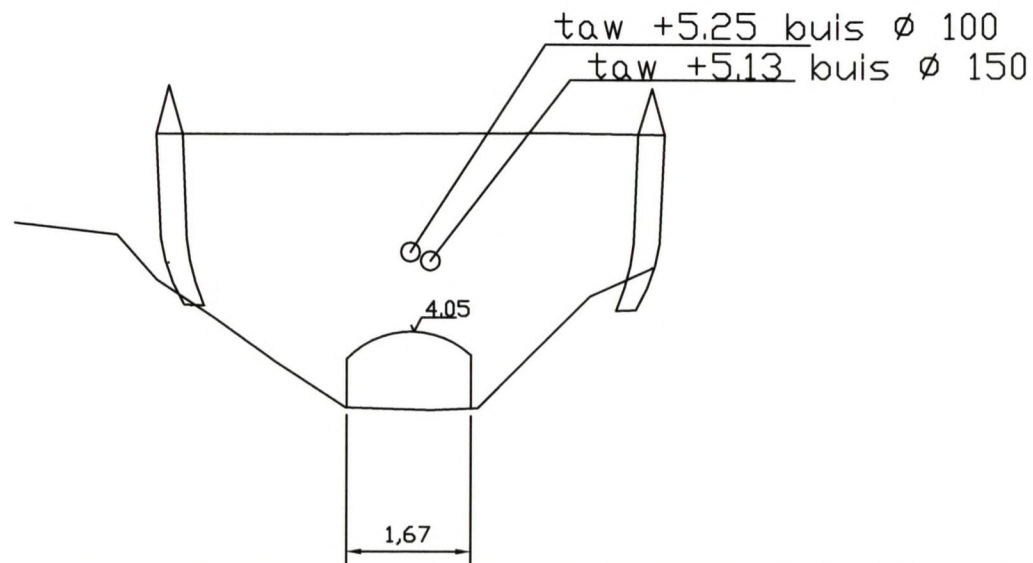
vooraanzicht KW 3 / stroomaf



vooraanzicht KW 3 / stroomop



vooraanzicht KW 4 / stroomaf

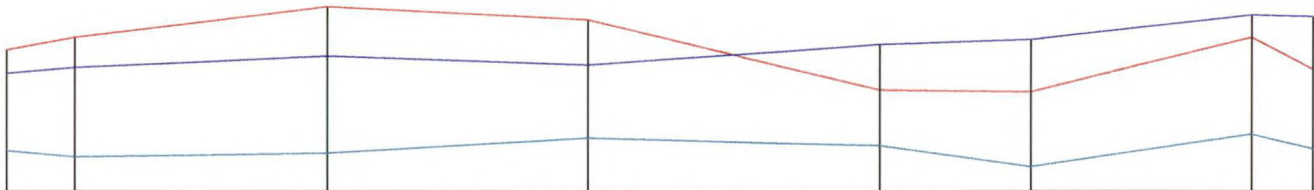


bijmeting_kw.dwg

LENGTEPROFIEL

GELEED

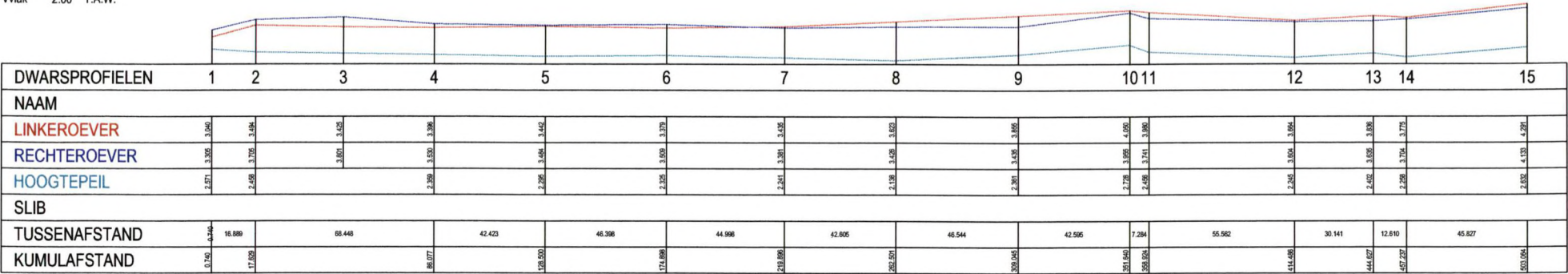
Hsch 1/100
Lsch 1/1000
Vvlak 2.00 T.A.W.



| DWARSPROFIELEN | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NAAM | | | | | | | | |
| LINKEROEVER | 4.796 | 5.041 | 5.643 | 5.388 | 4.008 | 3.962 | 5.039 | 4.413 |
| RECHTEROEVER | 4.329 | 4.442 | 4.666 | 4.452 | 4.904 | 4.992 | 5.474 | 5.450 |
| HOOGTEPEIL | 2.804 | 2.679 | 2.751 | 3.051 | 2.911 | 2.484 | 3.124 | 2.842 |
| SLIB | | | | | | | | |
| TUSSENAFSTAND | 13.335 | 49.539 | 51.108 | 57.138 | 29.601 | 43.264 | 11.938 | |
| KUMULAFSTAND | 537.374 | 550.709 | 600.248 | 651.356 | 708.494 | 738.095 | 781.359 | 793.297 |

LENGTEPROFIEL
 GELEED

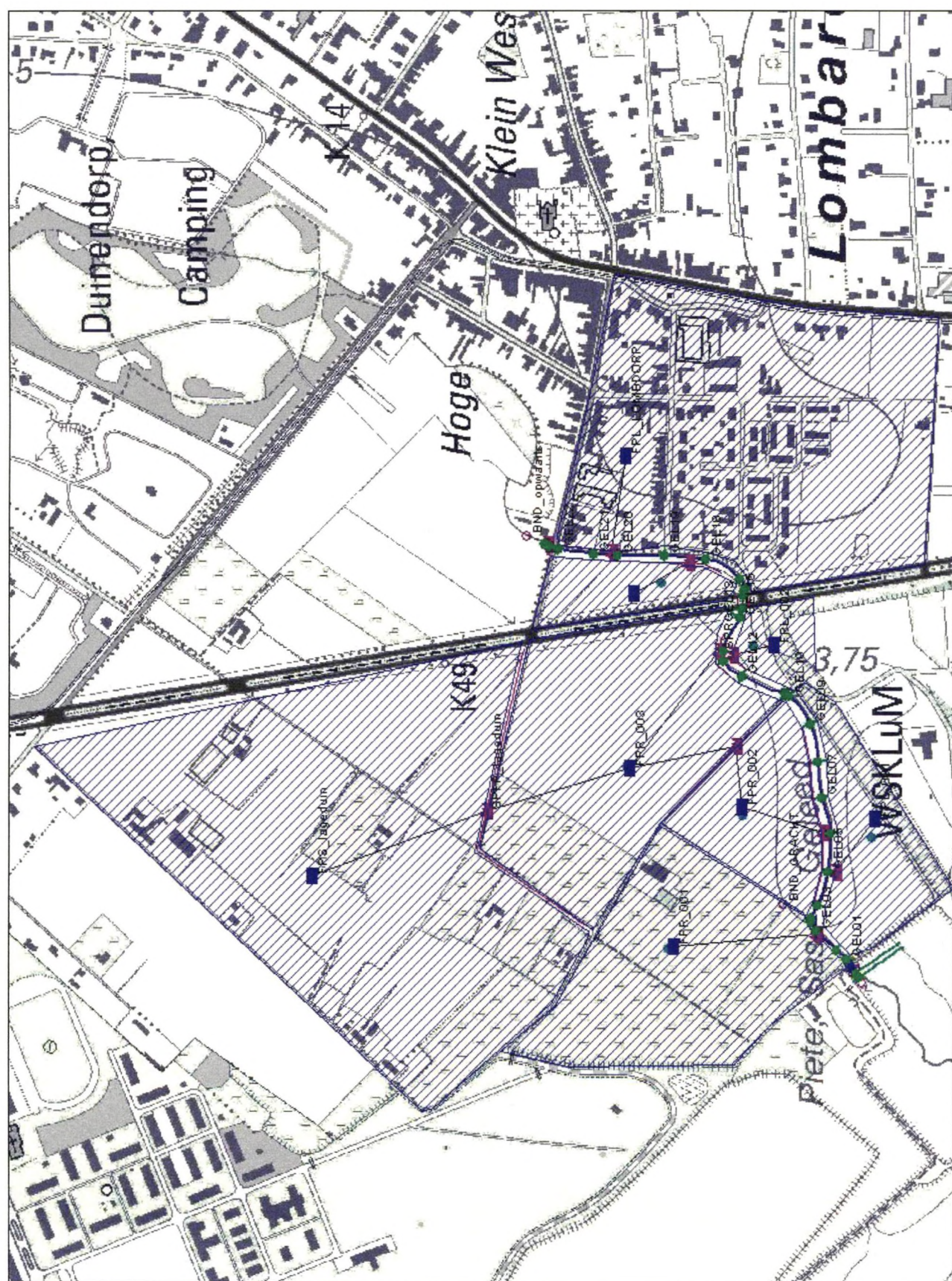
Hsch 1/100
 Lsch 1/1000
 Vvlak 2.00 T.A.W.



BIJLAGE 6

GRONDPLAN EN LENGTEPROFIEL VAN HET

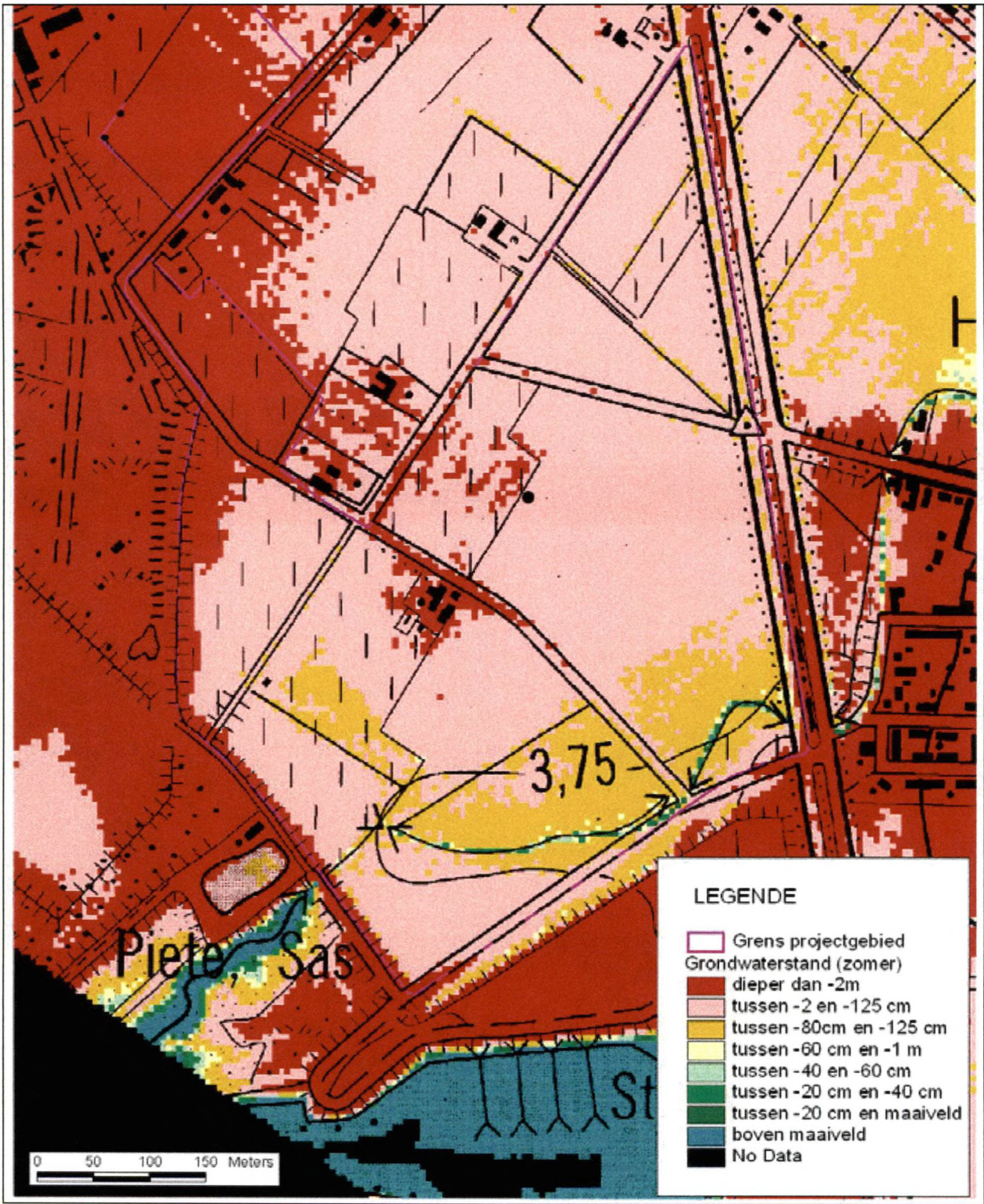
HYDRODYNAMISCH MODEL



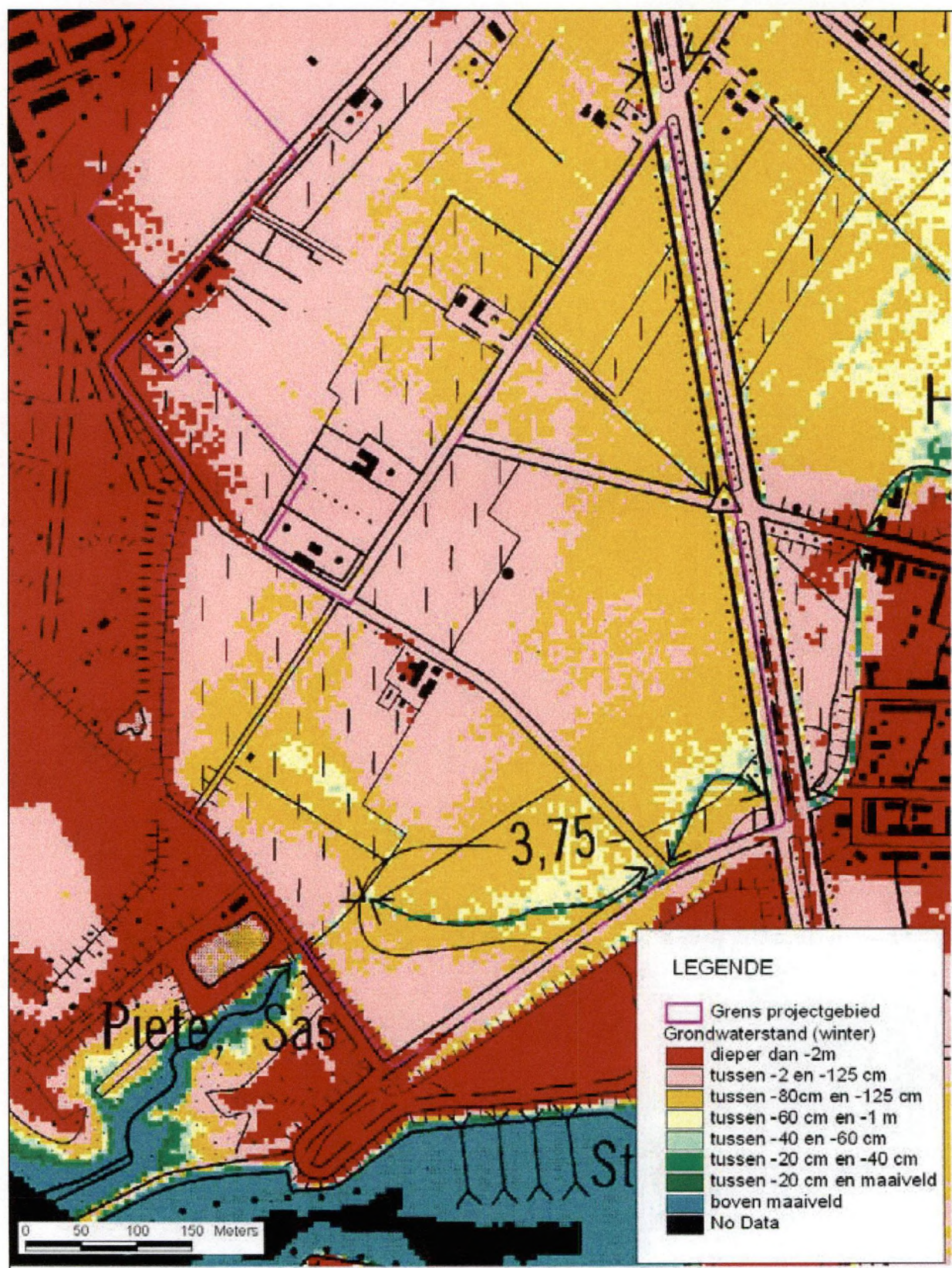
BIJLAGE 7

STUDIERESULTATEN GRONDWATER

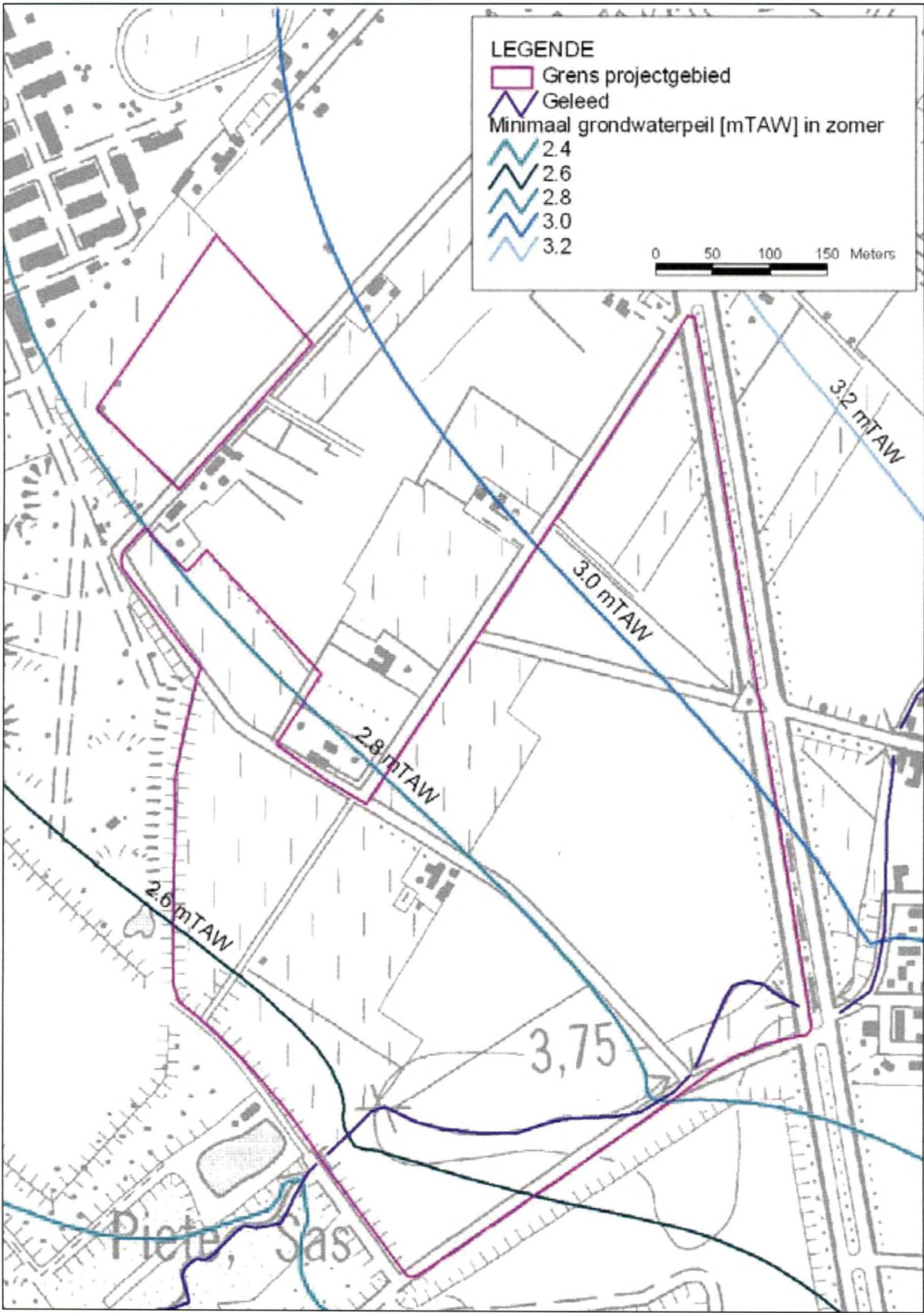
REFERENTIESITUATIE



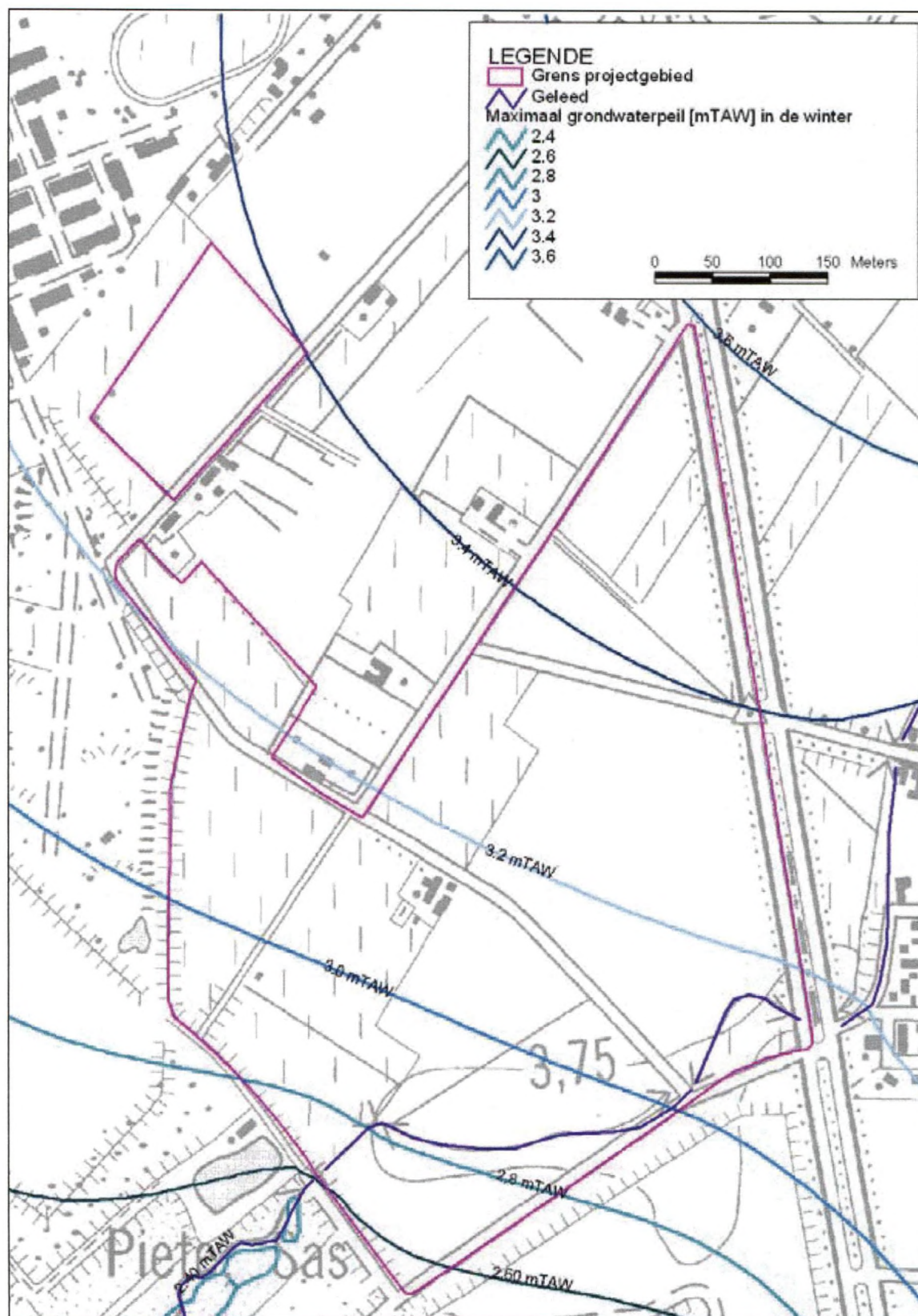
Illustratie 1: relatieve grondwaterstand in referentiesituatie (zomer)



Illustratie 2: relatieve grondwaterstand in referentiesituatie (winter)



Illustratie 3: Minimale grondwaterpeilen in Hemmepolder (zomer)

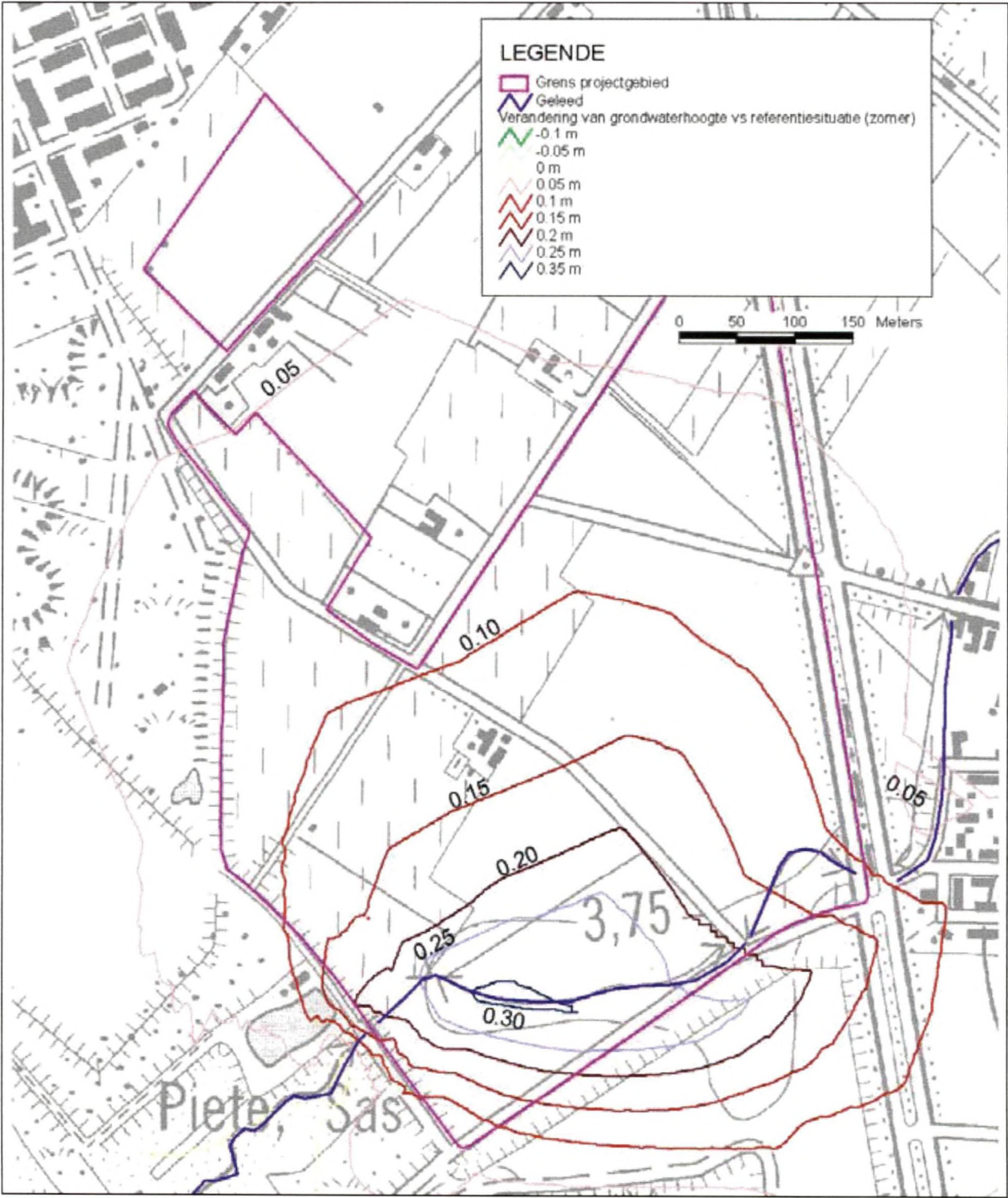


Illustratie 4: Maximale grondwaterpeilen in Hemmepolder (winter)

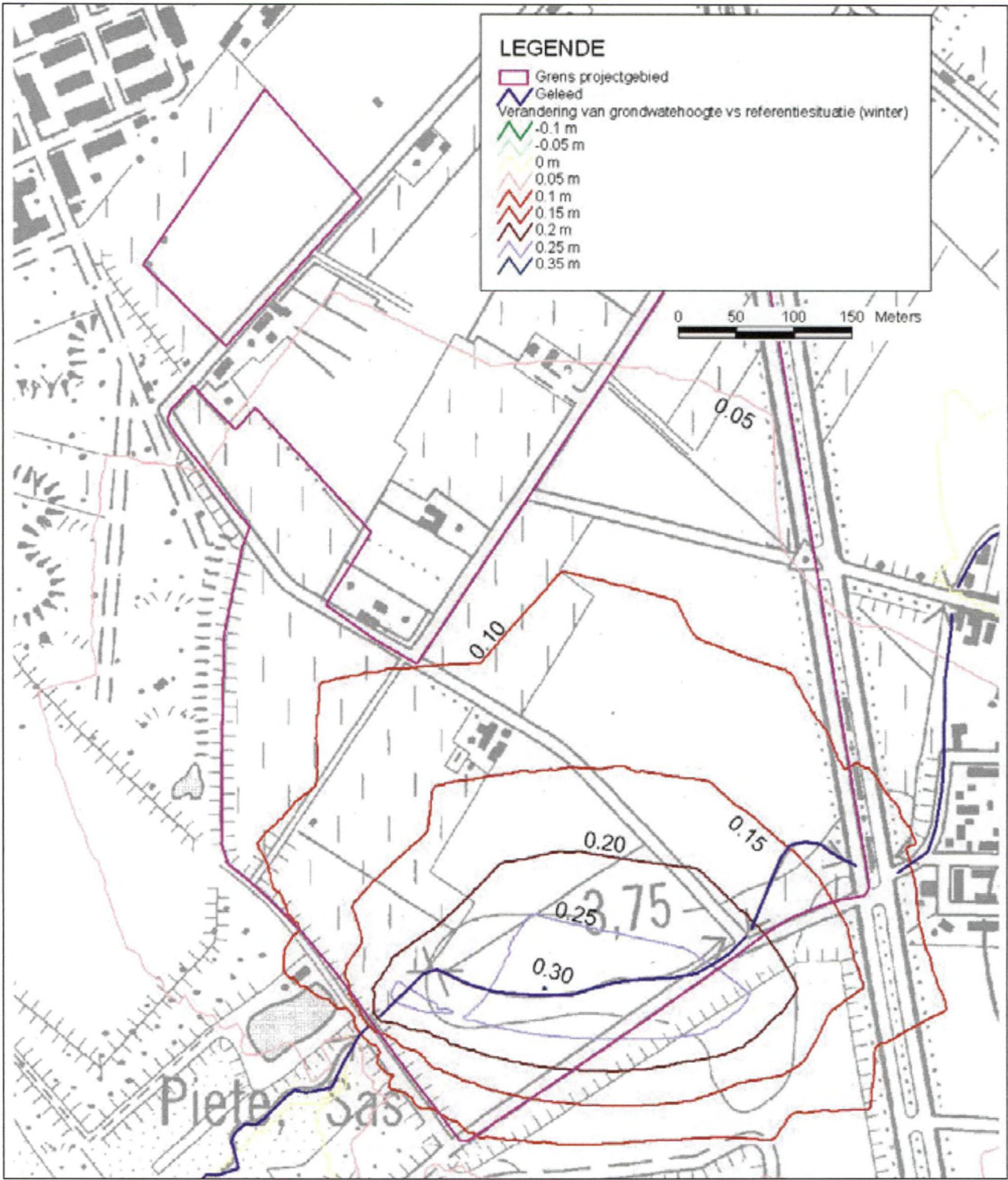
BIJLAGE 8

STUDIERESULTATEN GRONDWATER SCENARIO'S

SCENARIO 1



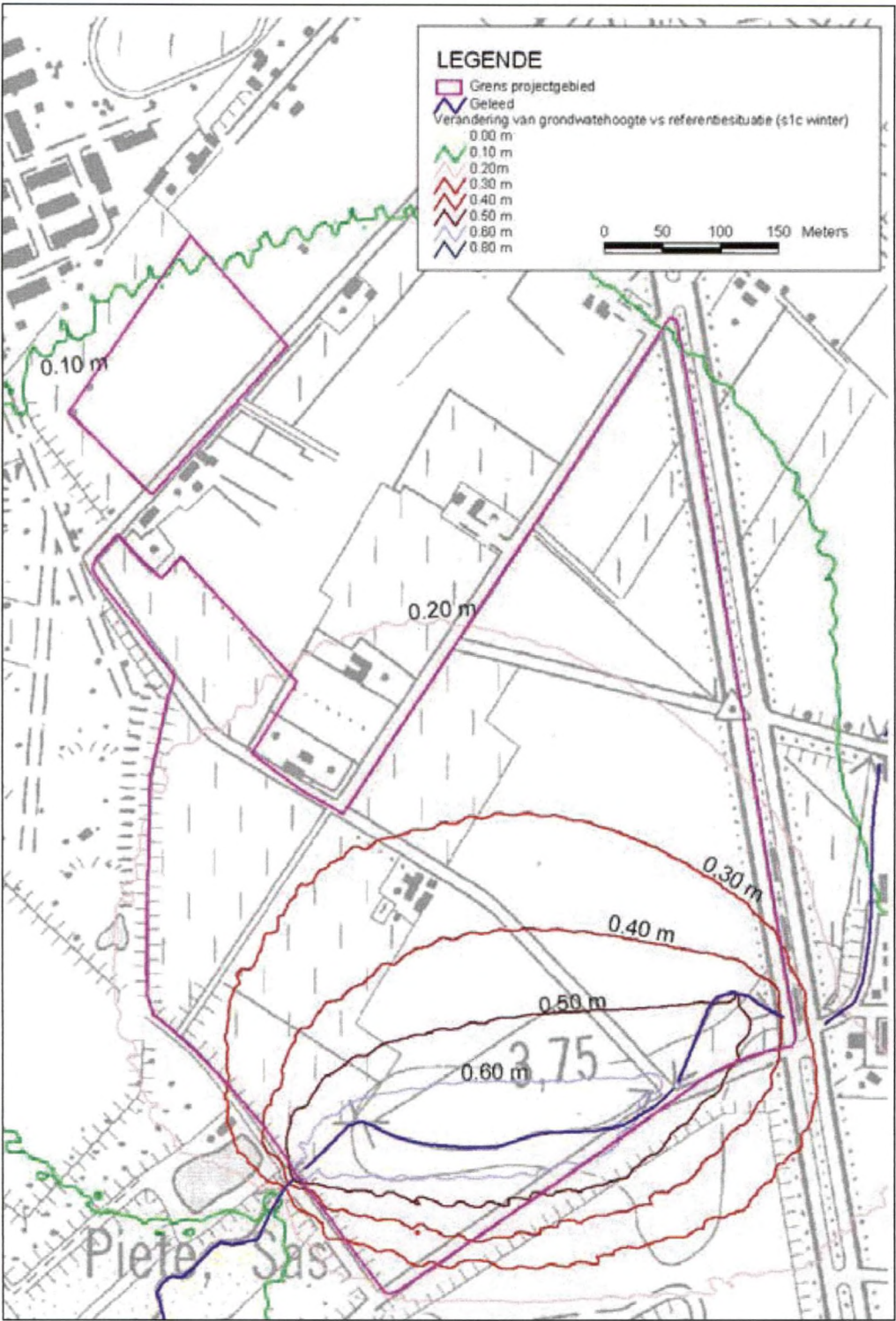
Illustratie 5: verandering grondwaterstand bij opstuwing van het Geleed (zomer)(variante 1a)



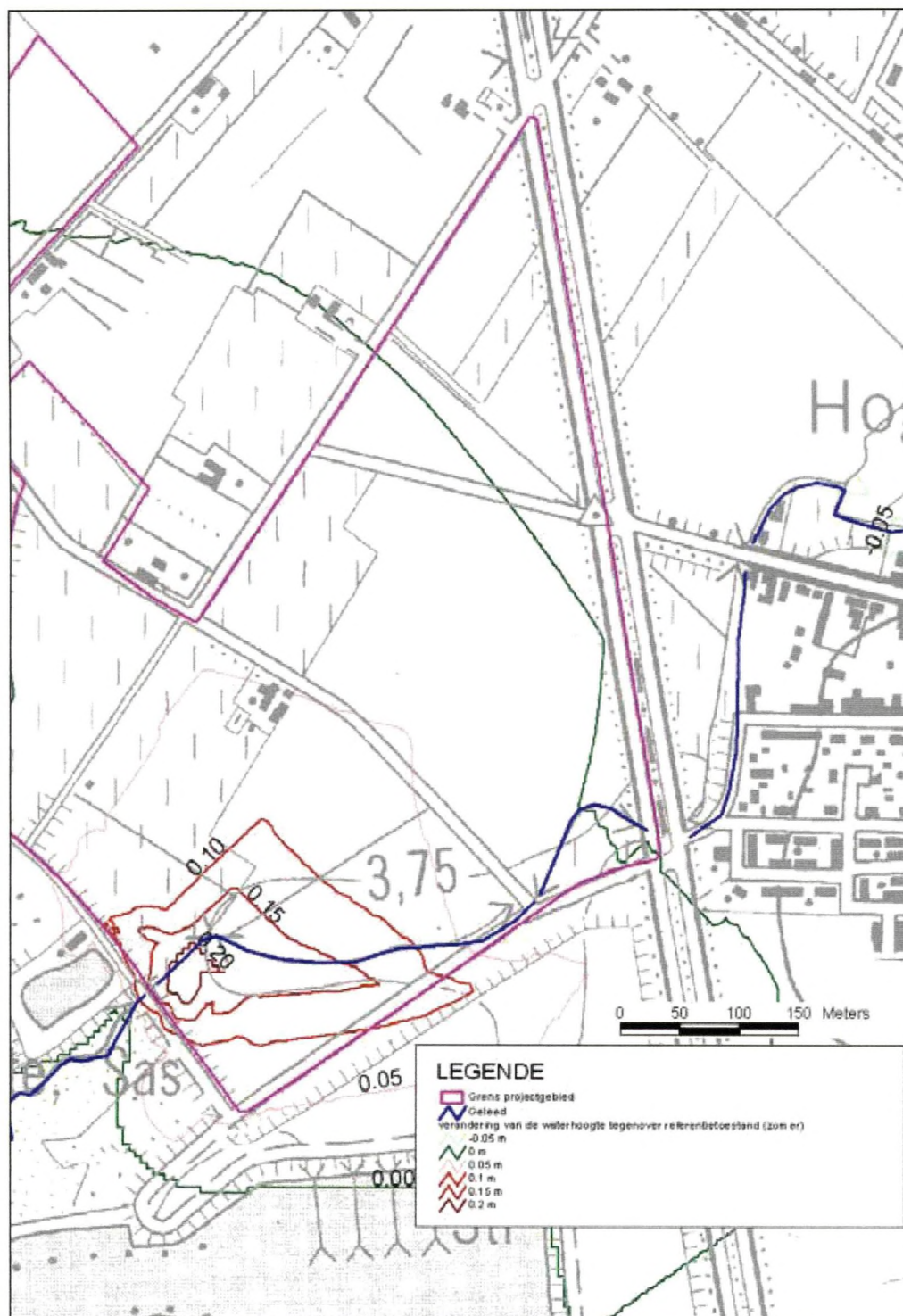
Illustratie 6: verandering grondwaterstand bij opstuwing van het Geleed (winter)(variante 1a)



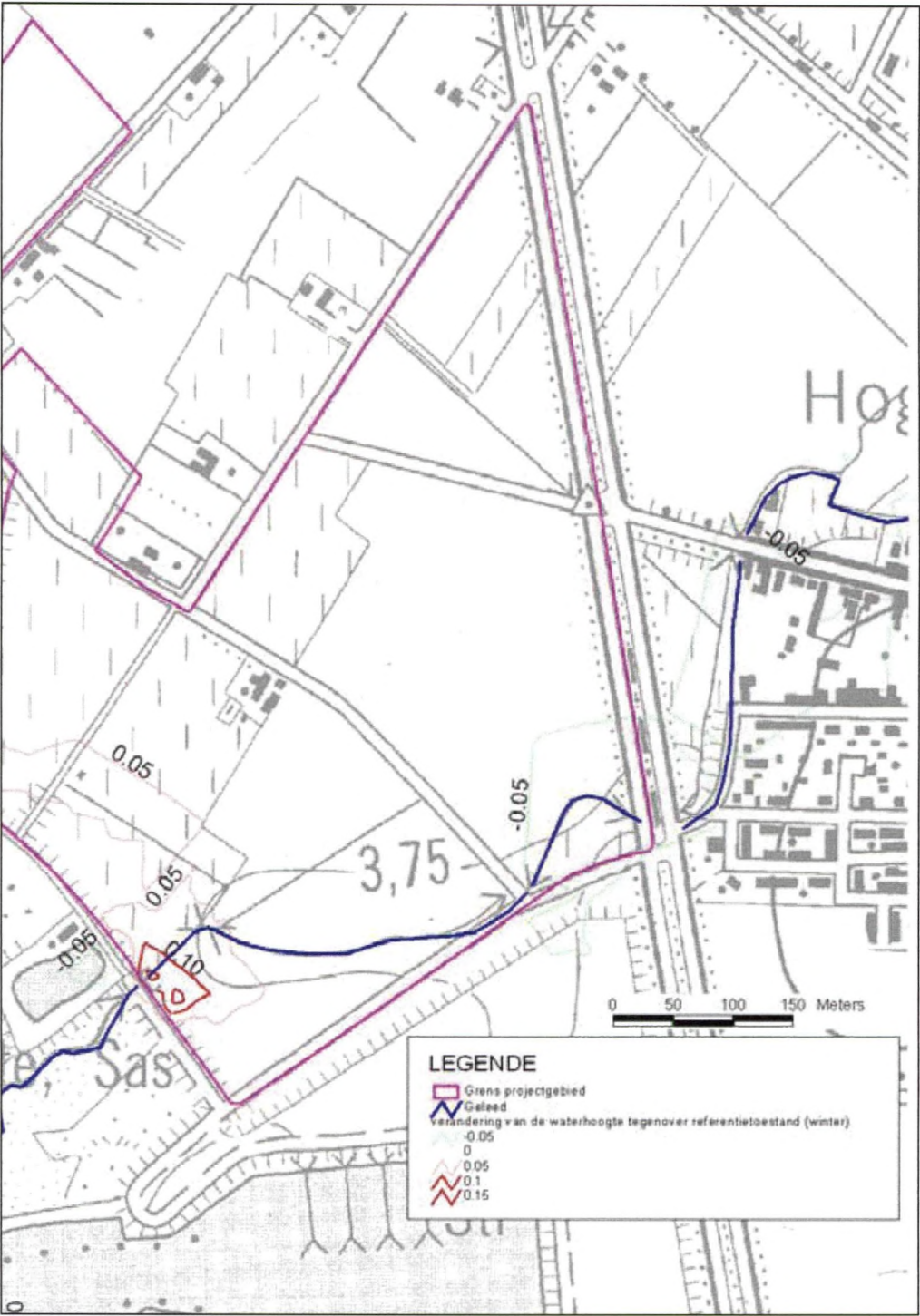
Illustratie 7: verandering grondwaterstand bij opstuwing van het Geleed (zomer)(variante 1c)



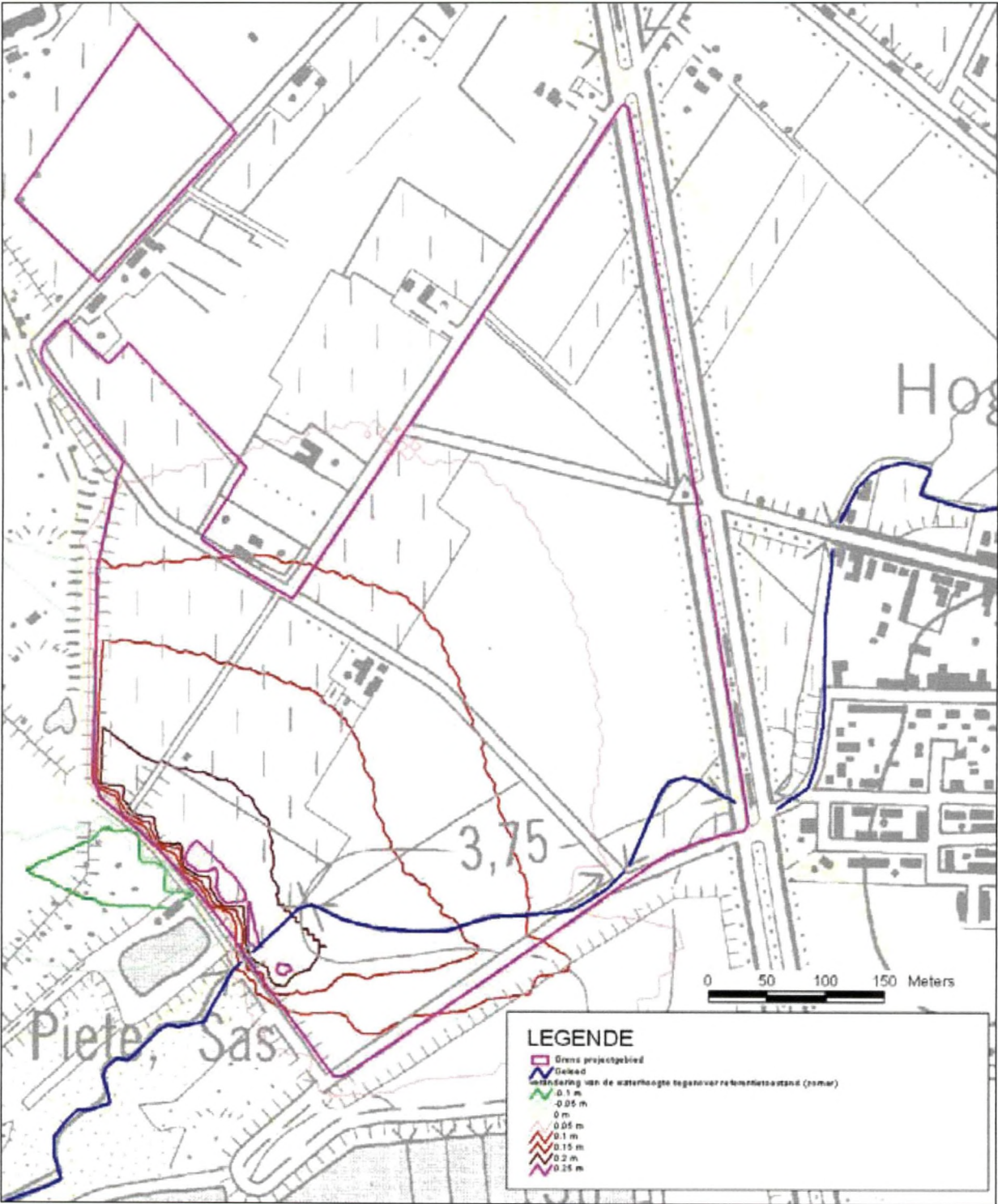
Illustratie 8: verandering grondwaterstand bij opstuwing van het Geleed (winter)(variante 1c)



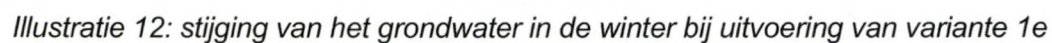
Illustratie 9: stijging van het grondwater in de zomer bij uitvoering van variante 1d



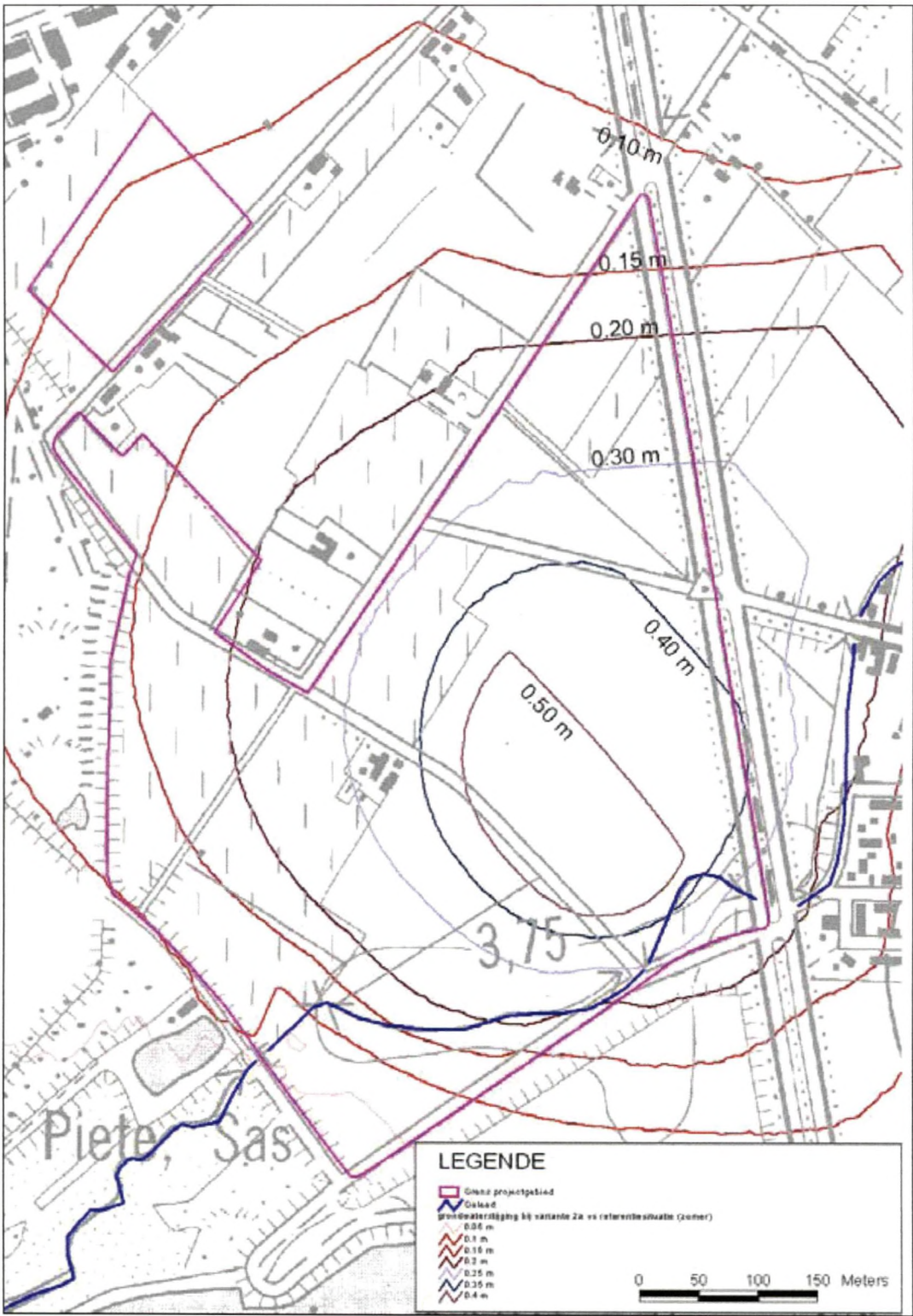
Illustratie 10: stijging van het grondwater in de winter bij uitvoering van variante 1d



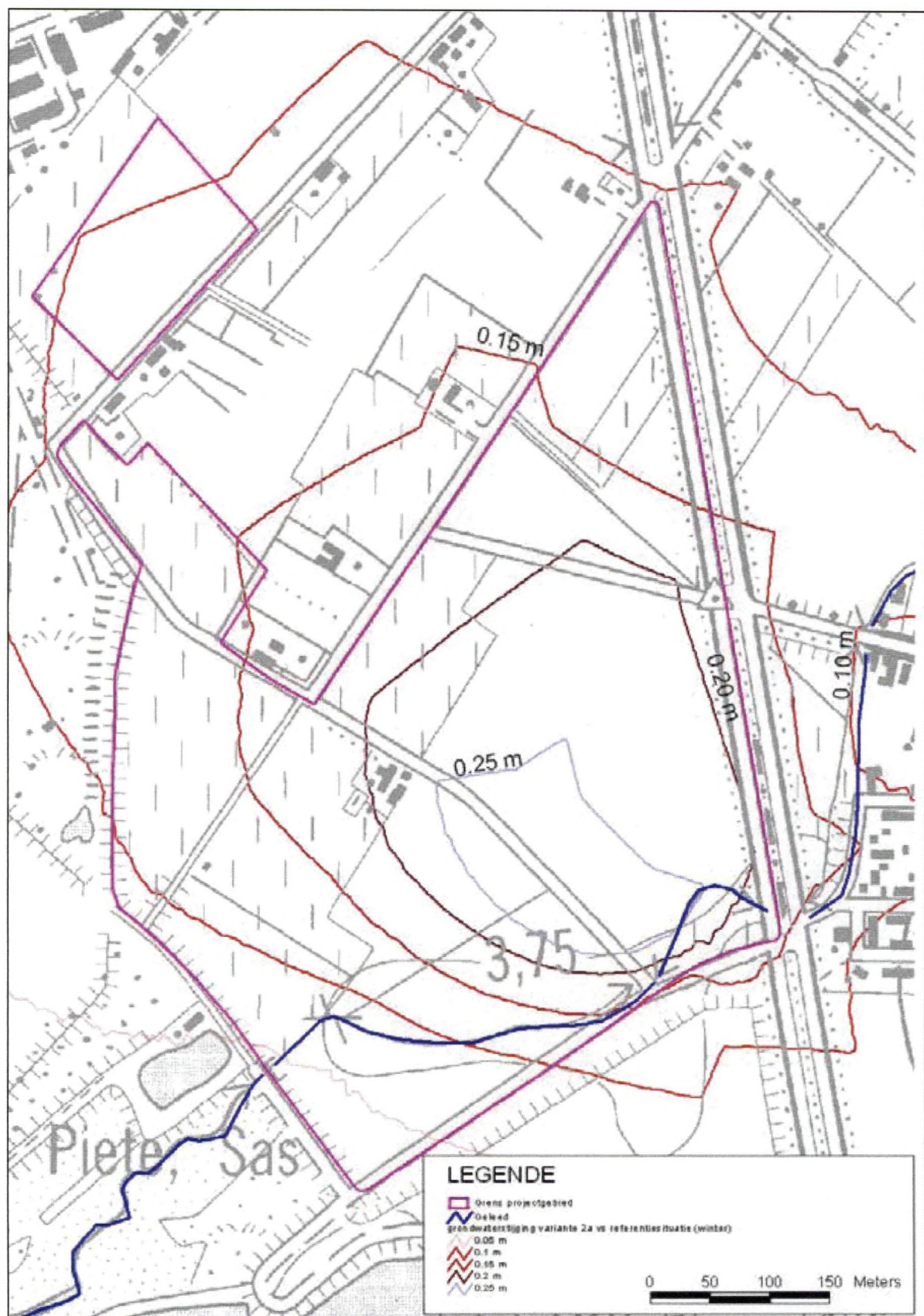
Illustratie 11: stijging van het grondwater in de zomer bij uitvoering van variante 1e



SCENARIO 2



Illustratie 13: verandering grondwaterstand in variatie 2a (zomer)



Illustratie 14: verandering in grondwaterstand bij variante 2a (winter)

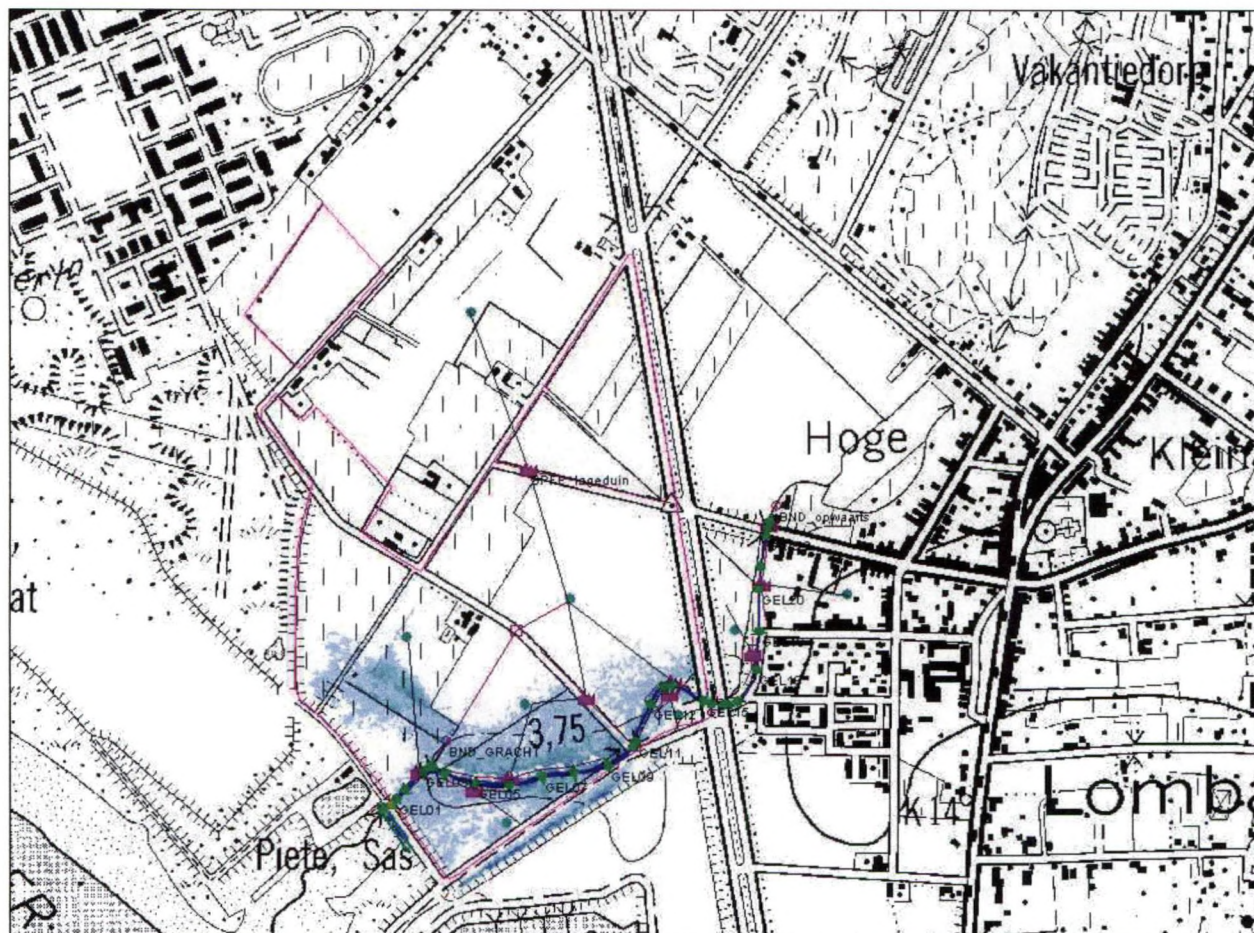
SCENARIO 3

BIJLAGE 9

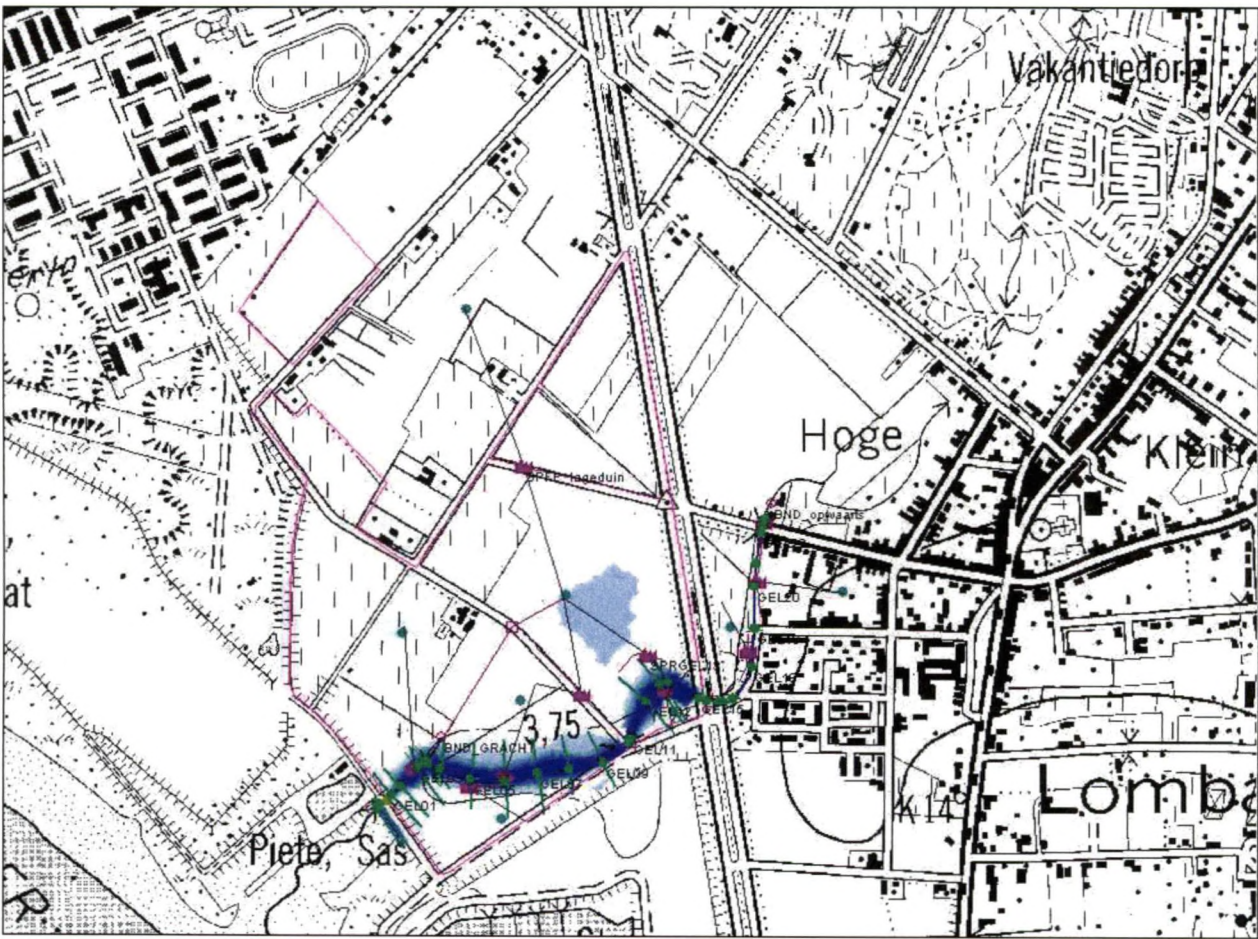
OVERSTROMINGSKAARTEN OPPERVLAKTEWATER

Illustratie 15: overstromingskaart in de referentiesituatie

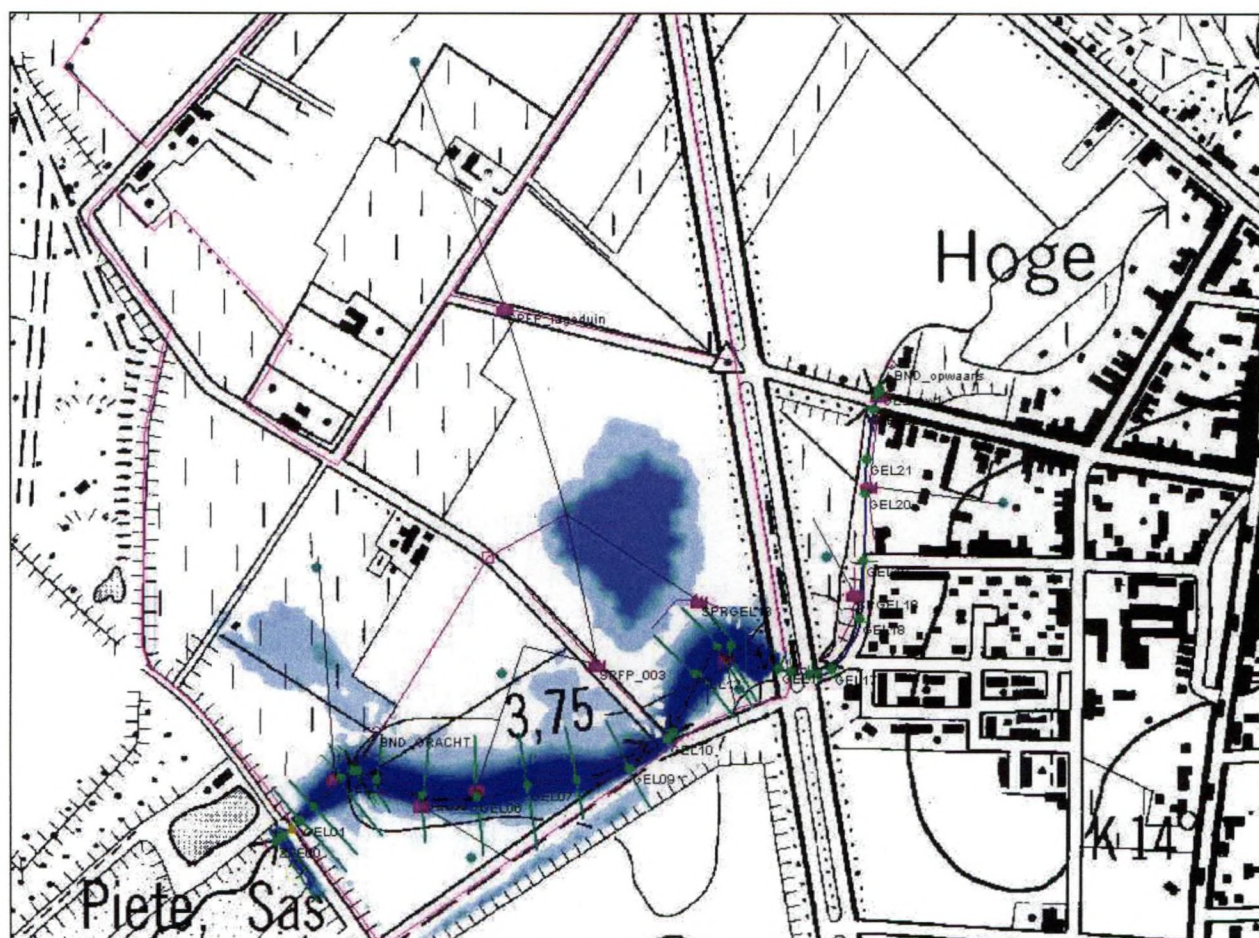
SCENARIO 1



Illustratie 16: overstromingskaart scenario 1 variante a



Illustratie 17: overstromingskaart scenario 1 variante b

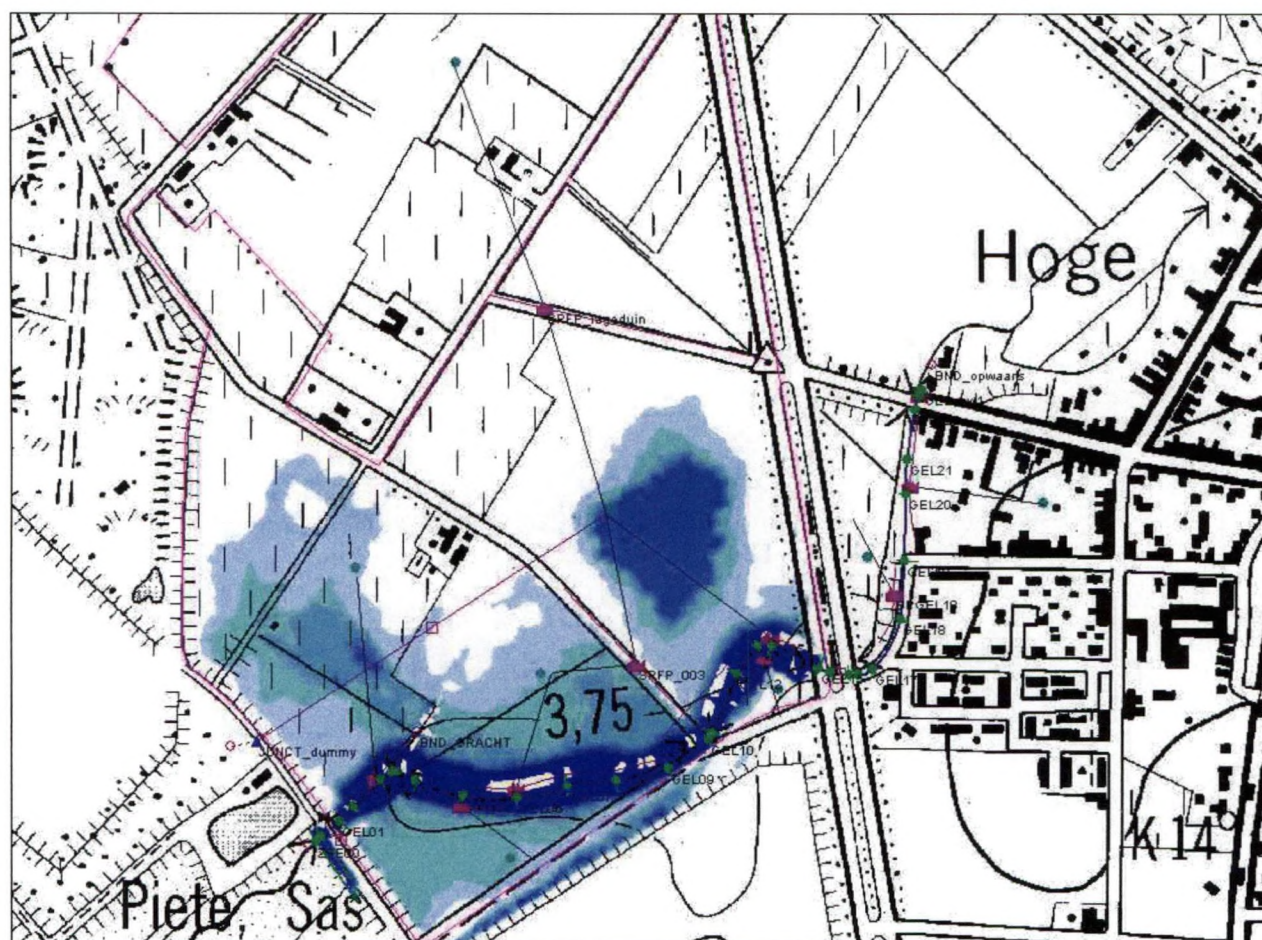


Illustratie 18: overstromingskaart scenario 1 variante c

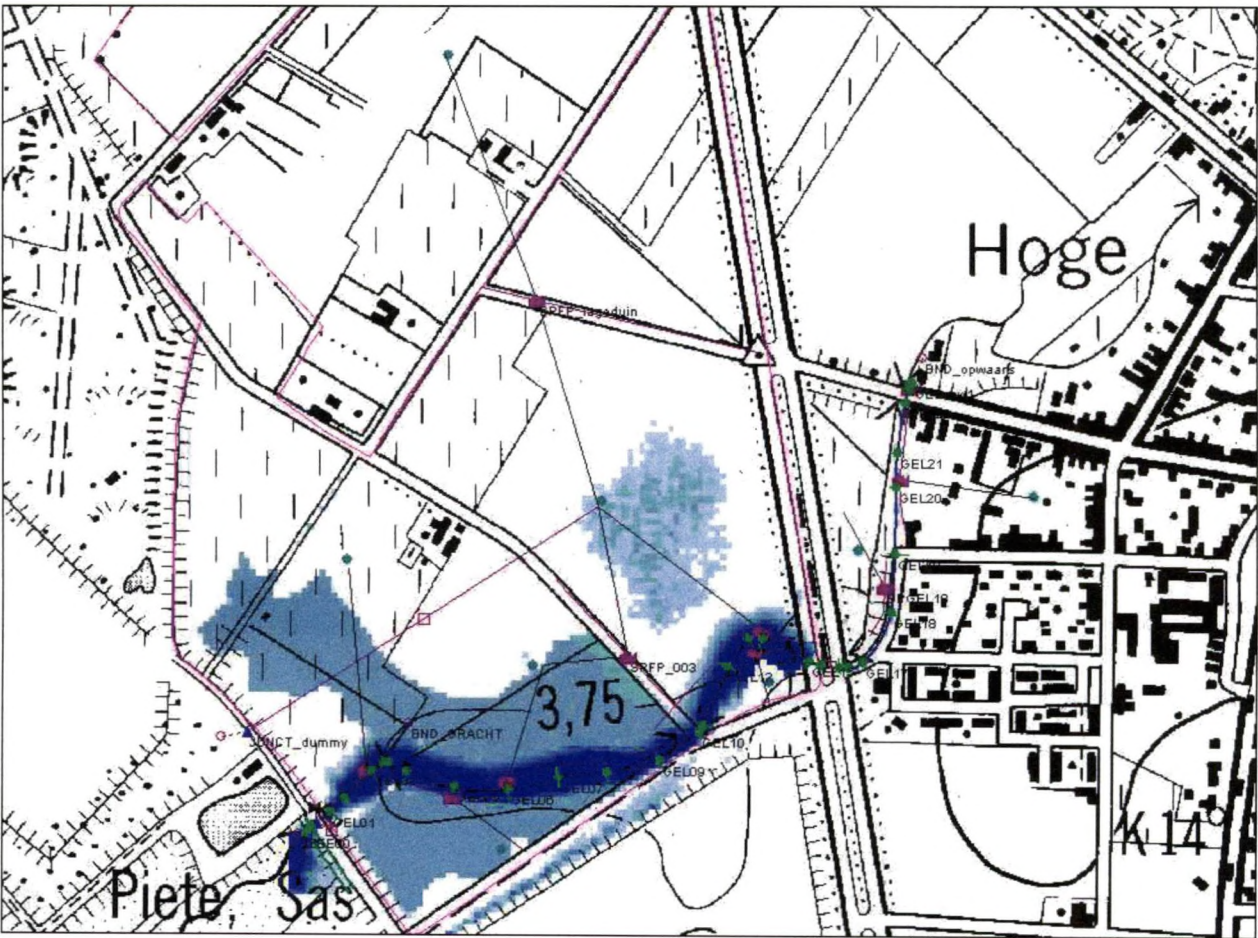


Illustratie 19: overstromingskaart scenario 1 variante f

Scenario 2

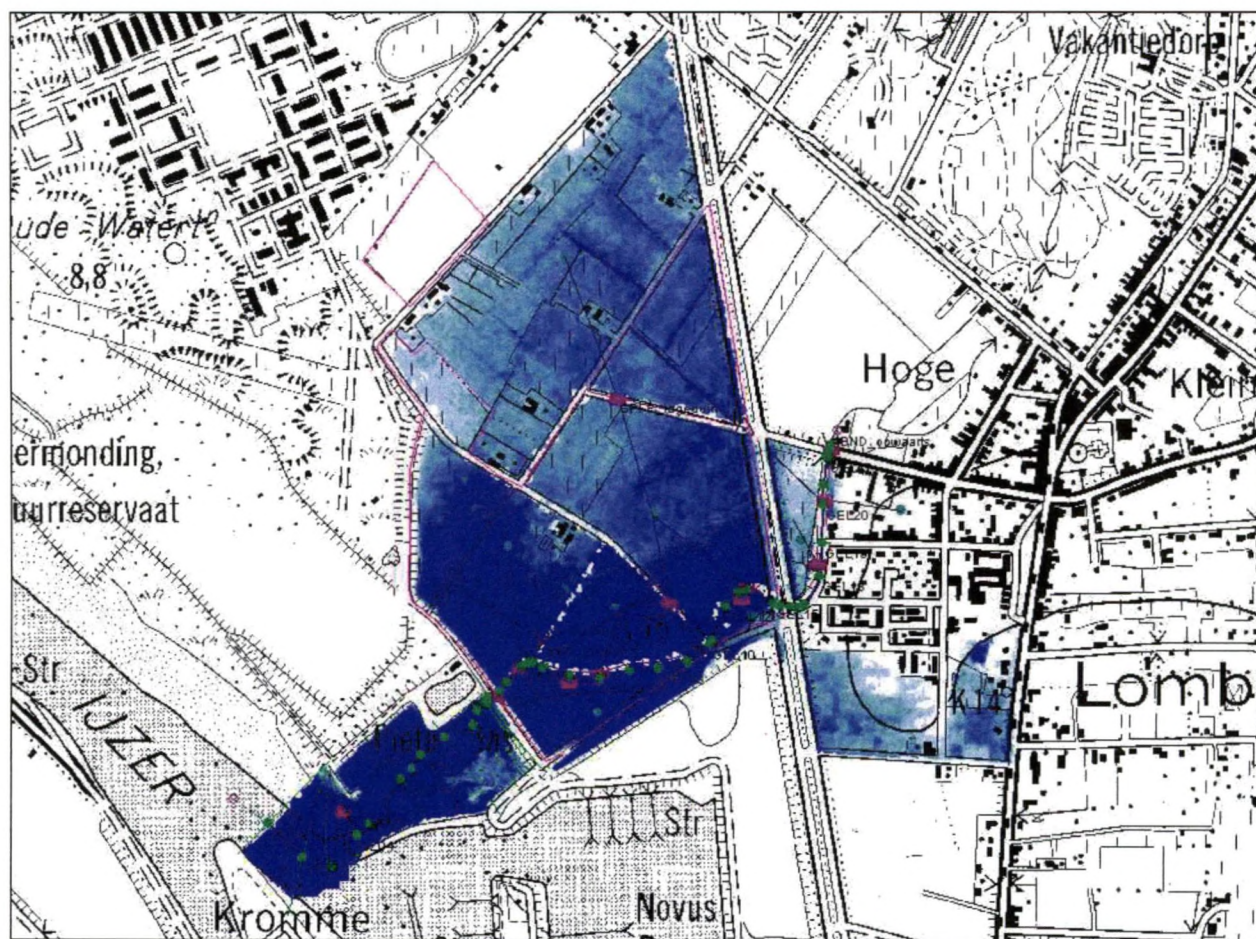


Illustratie 20: overstromingskaart scenario 2 variante a

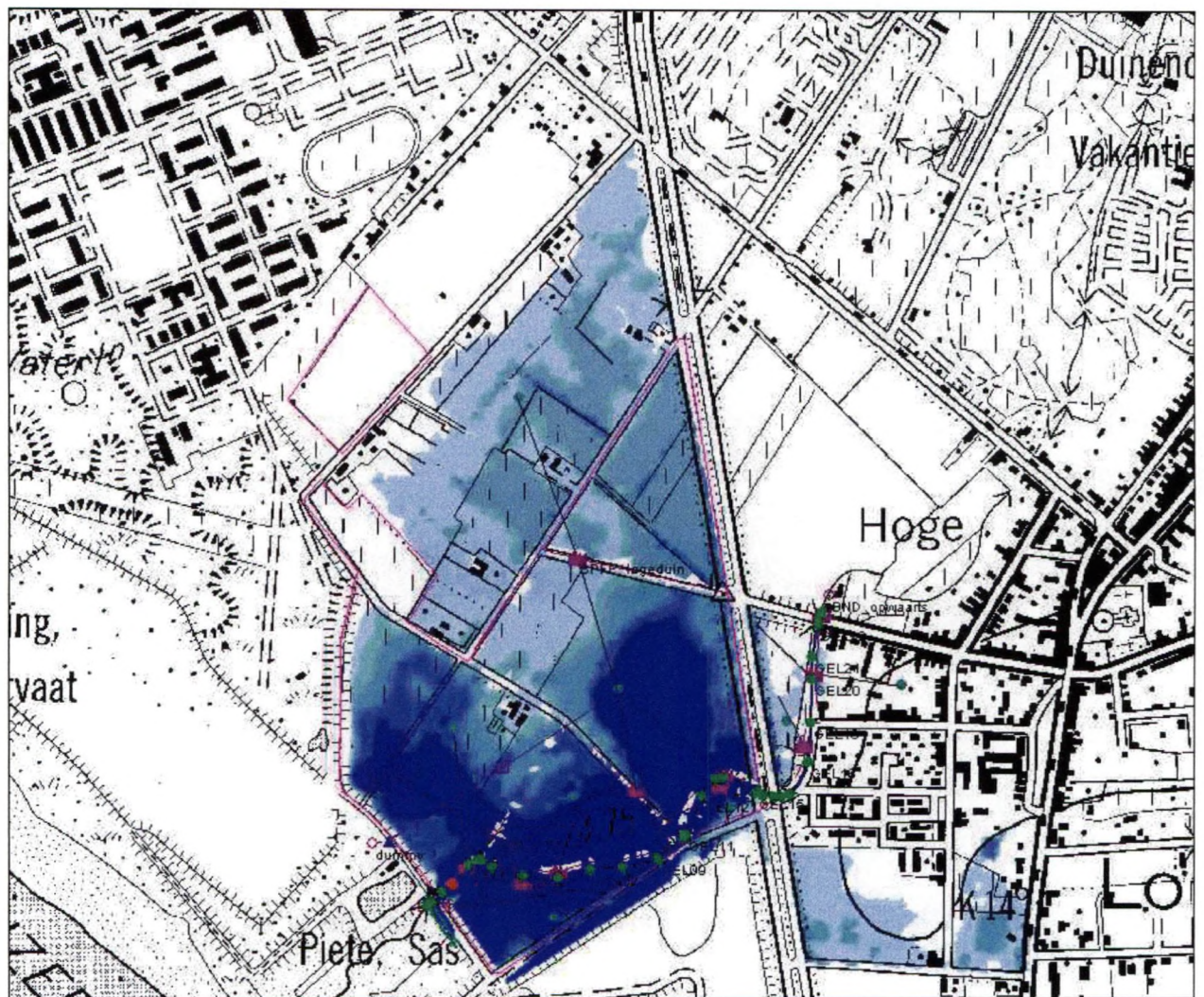


Illustratie 21: overstromingskaart scenario 2 variante b

Illustratie 22: overstromingskaart scenario 3 variante a



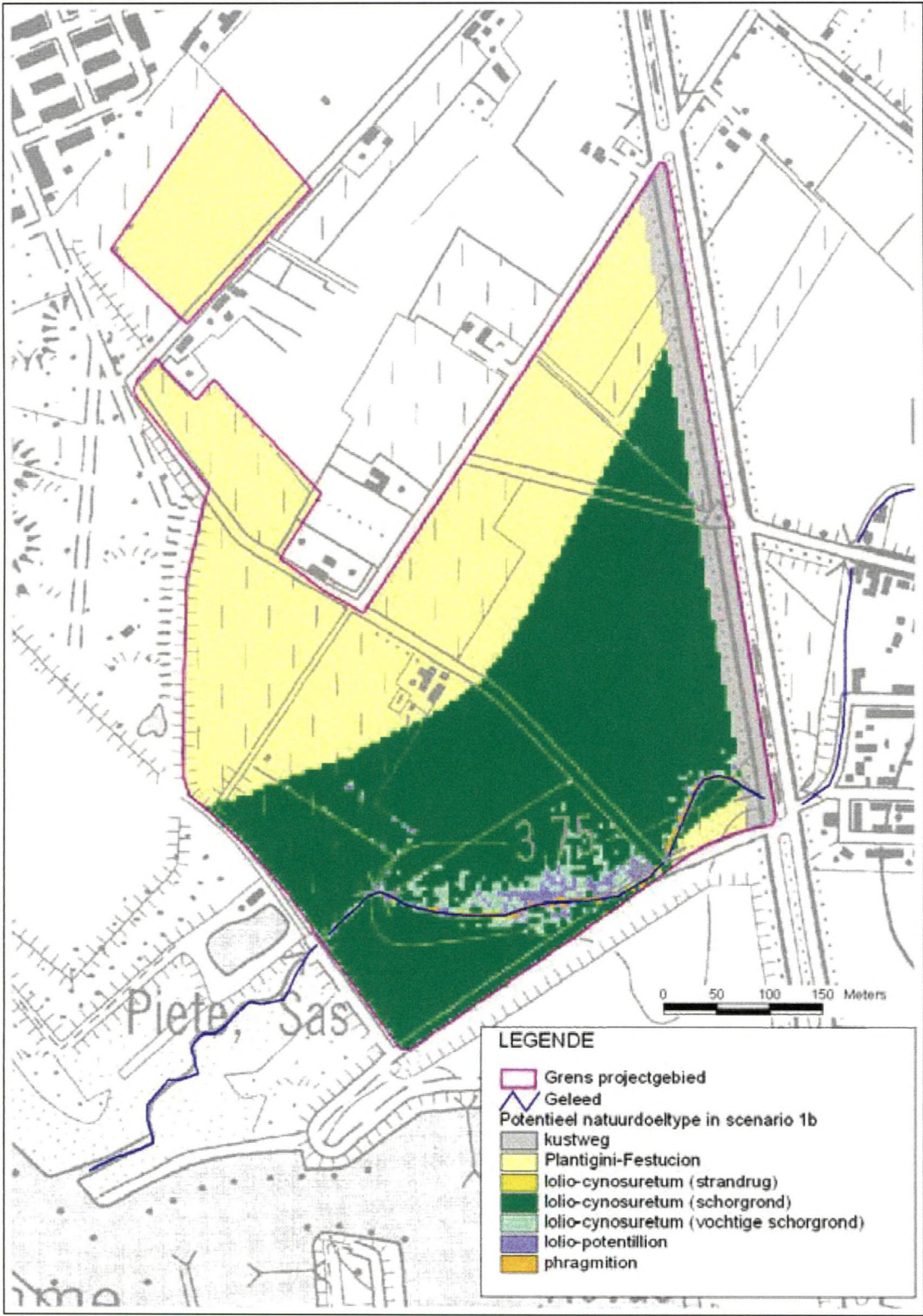
Illustratie 23: overstromingskaart scenario 3 variante b



Illustratie 24: overstromingskaart variante 2a bij stormtij

BIJLAGE 10

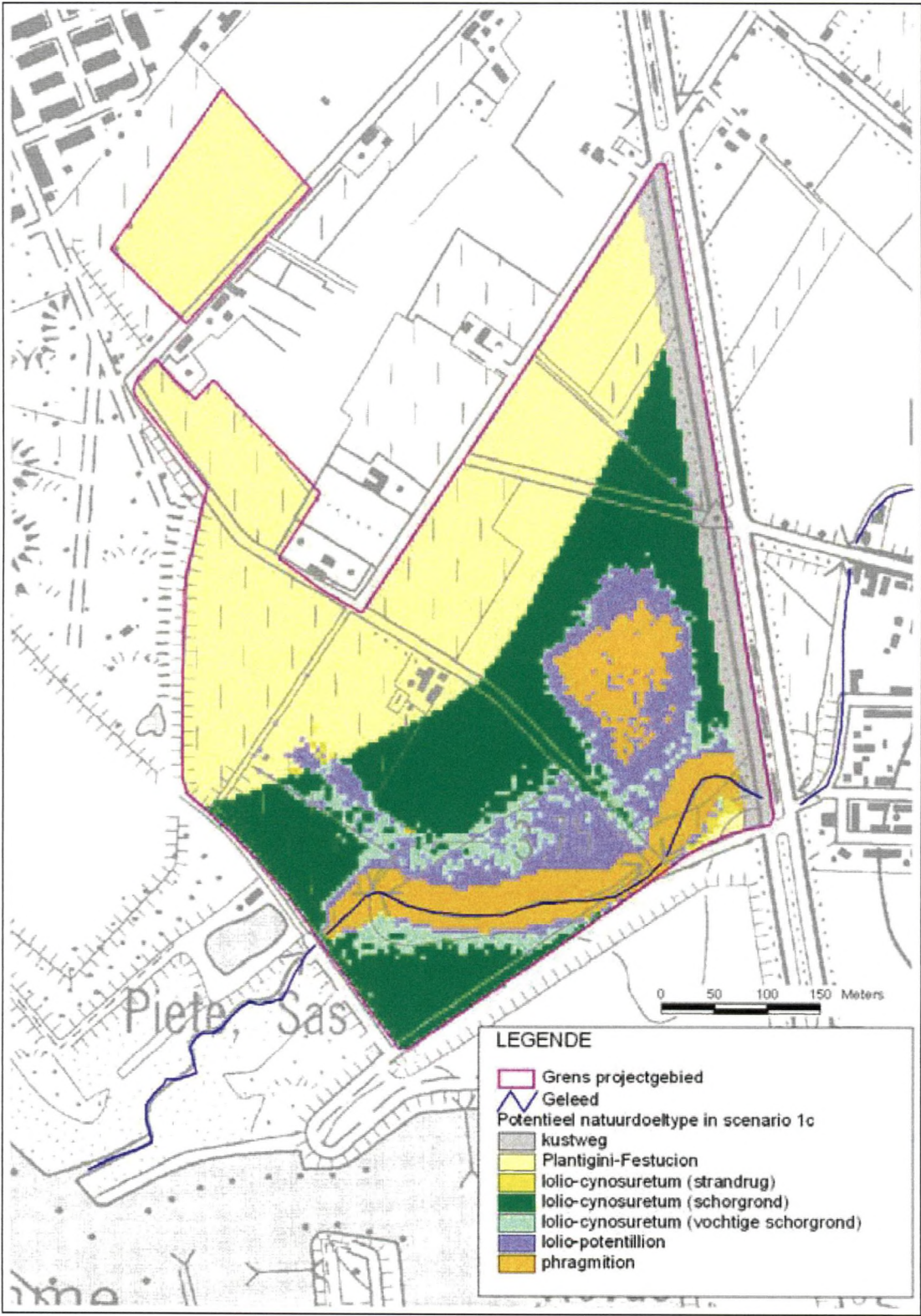
NATUURDOELTYPEKAARTEN



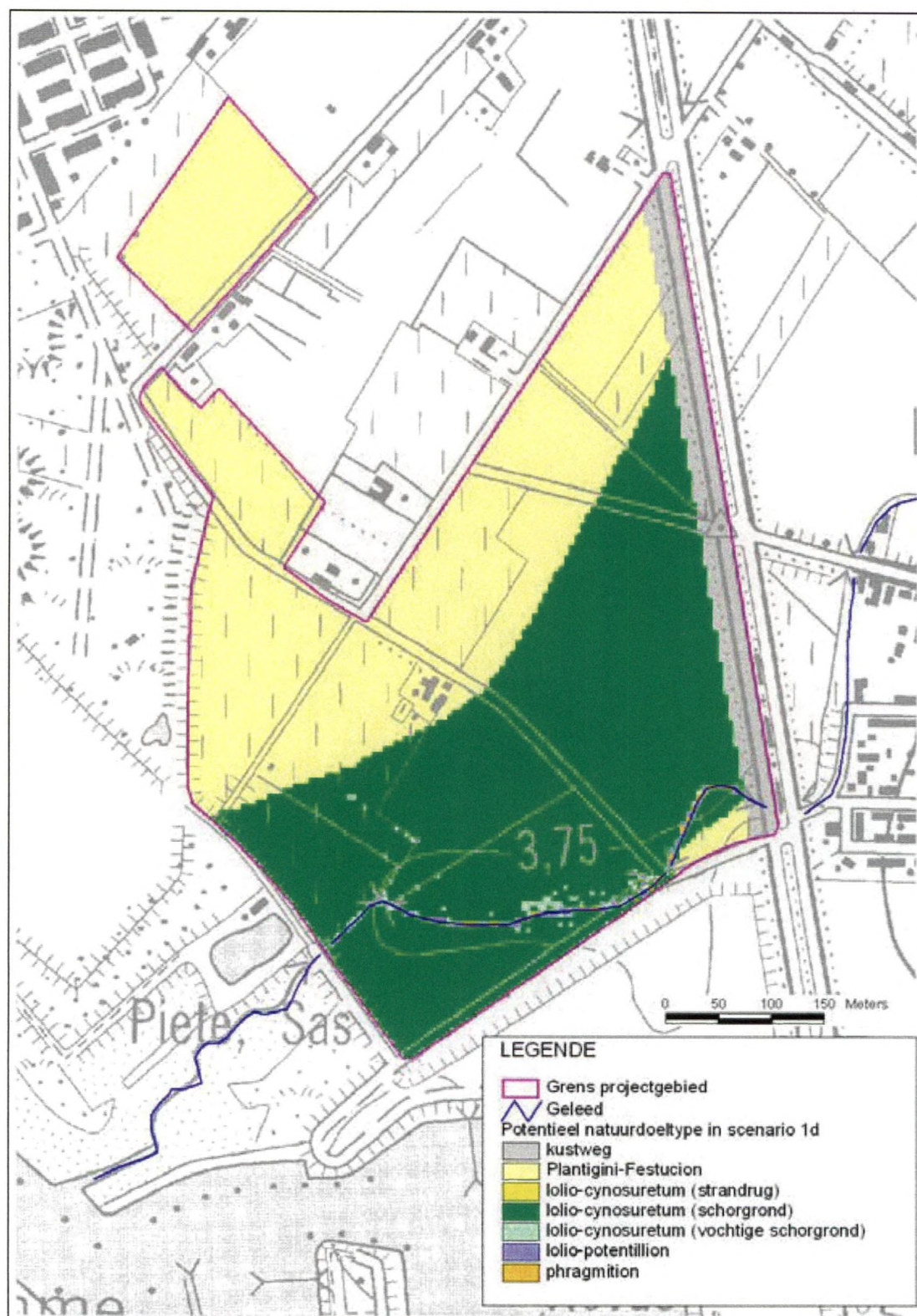
Illustratie 25: natuurdoeltypekaart scenario 1 variante a



Illustratie 26: natuurdoeltypekaart scenario 1 variante b



Illustratie 27: natuurdoeltypekaart scenario 1 variante c



Illustratie 28: natuurdoeltypekaart scenario 1 variante d



Illustratie 29: natuurdoeltypekaart scenario 1 variante e



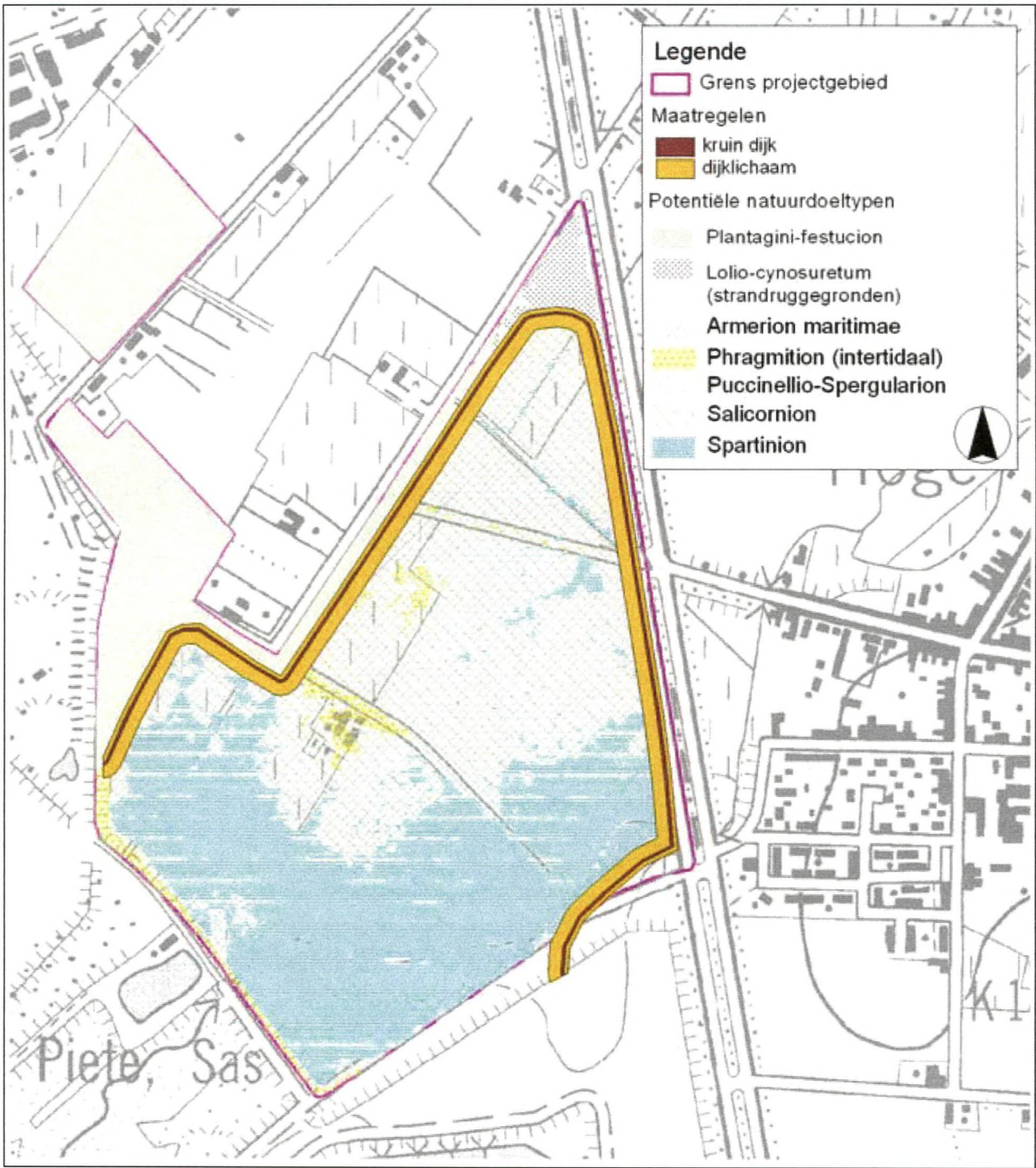
Illustratie 30: natuurdoeltypekaart scenario 1 variante f



Illustratie 31: natuurdoeltypekaart scenario 2 variante a



Illustratie 32: natuurdoeltypekaart scenario 2 variante b



Illustratie 33: natuurdoeltypekaart scenario 3

BIJLAGE 11

METHODE EVAMIX: ACHTERGROND

Onderscheid wordt gemaakt tussen de kwantitatieve en de kwalitatieve criteria. De kwantitatieve scores worden gestandaardiseerd vooraleer de eigenlijke analyse wordt gemaakt. Kwalitatieve scores (ordinale en binaire schaal) worden niet gestandaardiseerd voor de analyse.

Er zijn kwantitatieve gewichten nodig voor de criteria. Voor de gewichten moet gelden dat de som van de gewichten gelijk is aan 1.

Hieronder wordt de wiskundige achtergrond achter de analyse weergegeven van elk van de opeenvolgende stappen in de analyse.

Splitsen van de criteria

De effectentabel wordt gesplitst in twee deeltabellen: een kwalitatieve en een kwantitatieve deeltabel. De kwalitatieve deeltabel bevat de effecten van de alternatieven voor alle kwalitatieve criteria. De kwantitatieve deeltabel bevat de effecten van de alternatieven voor alle kwantitatieve criteria. Deze twee deeltabellen worden ieder apart in de volgende stappen behandeld. Hierbij worden de volgende notaties gebruikt.

T: verzameling kwantitatieve criteria

L: verzameling kwalitatieve criteria

Aanmaak van kwalitatieve dominantiematrix

Voor elk paar alternatieven (a_j en a_k) wordt de kwalitatieve dominantiescore ($DL(j, k)$) bepaald. Deze scores vormen samen de kwalitatieve dominantiematrix. Eerst wordt voor elk paar alternatieven (a_j en a_k) en voor elk kwalitatief criterium (c_i) het teken ($teken_i(j,k)$) bepaald. Een teken van +1 geeft aan dat alternatief a_j beter is dan a_k voor criterium c_i . de gewichten (w_i) worden daarna met de tekens vermenigvuldigd en gesommeerd voor elk paar alternatieven over de kwalitatieve criteria. In formule:

$$\begin{aligned}
 &+1 \quad \text{als } s_{ij} > s_{ik} \\
 &eni(j,k) = 0 \text{ als } s_{ij} = s_{ik} \\
 &-1 \quad \text{als } s_{ij} < s_{ik} \\
 &N \\
 &DL(j,k) = \sum_{i=1}^N (w_i \times teken_i(j,k))
 \end{aligned}$$

Aanmaak van kwantitatieve dominantiematrix

Voor elk paar alternatieven (a_j en a_k) wordt de kwantitatieve dominantiescore ($DT(j,k)$) bepaald. Deze scores vormen samen de kwantitatieve dominantiematrix. Voor elk paar alternatieven (a_j en a_k) worden de gewichten (w_i) vermenigvuldigd met het verschil tussen de scores ($s_{ij}-s_{ik}$) en daarna gesommeerd over de kwantitatieve criteria. In formule:

$$\begin{aligned}
 &N \\
 &DT(j,k) = \sum_{i=1}^N (w_i \times (s_{ij} - s_{ik})) \\
 &i \hat{T}
 \end{aligned}$$

Standaardisering van dominantiematrices

Beide dominantiematrices worden gestandaardiseerd door ze te delen door som van de absolute dominantiescores in de matrix. In formule:

$$DL(j,k) = \frac{DL(j,k)}{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1, k \neq j}^M \text{abs}(DL(j,k))}$$

$$DT(j,k) = \frac{DT(j,k)}{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1, k \neq j}^M \text{abs}(DT(j,k))}$$

Aanmaak van totale dominantiematrix

De twee gestandaardiseerde dominantiematrices worden nu weer gecombineerd tot één totale dominantiematrix ($D(j,k)$). Dit wordt gedaan door de twee dominantiematrices gewogen bij elkaar op te tellen. In formule:

$$D(j,k) = DL(j,k) \times \left(\sum_{i=1}^N w_i^L \right) + DT(j,k) \times \left(\sum_{i=1}^N w_i^T \right)$$

Bepalen van de eindvolgorde

De uiteindelijke rangorde van de alternatieven wordt bepaald door van elk alternatief de scores uit de totale dominantiematrix horizontaal op te tellen. Hoe hoger de score van het alternatief hoe beter het alternatief eindigt in de rangschikking. In formule:

$$\text{Score}(j) = \sum_{k=1, k \neq j}^M D(j,k)$$